

ISSN 0044-3948

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

ИЮЛЬ—АВГУСТ

4/2002

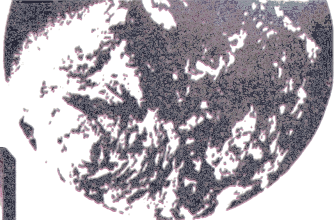




Научно-популярный журнал
Российской академии наук и
Астрономо-геодезического
общества
Издается с января
1965 года
Выходит 6 раз в год
Академиздатцентр
"Наука"
Москва

Земля и Вселенная

4/2002



Новости науки и другая информация: Газ в шаровых скоплениях [8]; Пересчитаны опасные астероиды [17]; Солнце в феврале-марте 2002 г. [18]; Сатурн в инфракрасном свете [21]; Звезды внутри туманности M16 [22]; Инфракрасный портрет M83 [23]; Подтверждение открытия льда на Марсе [34]; Пятое состояние вещества? [35]; Конская голова [36]; Исследование окрестностей далекой галактики [36*]; Четвертый ремонт КТХ на орбите [37]; Железная дорога на МКС [38]; Какой толщины лед на Европе [55]; Планета у красного гиганта [64]; Жизнь в глубинах Земли [89]; Самая быстрая двойная система звезд [101]; "Розетта" – космический всадник [105]; Новые книги [109]; Возможна ли катастрофа в Гималаях? [110].

В номере:

- 3 ГИНЗБУРГ В.Л. Астрофизика и космология: важнейшие достижения за последние три года
9 КАРДАШЕВ Н.С. Космология и проблемы SETI
25 ВОЛОДИН С.В. Перспективные космические транспортные системы

ЛЮДИ НАУКИ

- 39 Юрий Ильич Гальперин (к 70-летию со дня рождения)

ЭКСПЕДИЦИИ

- 47 АНАНИЧЕВА М.Д., ДАВИДОВИЧ Н.В. Ледники над полюсом холода

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- 56 ЛЕВИТАН Е.П., РУМЯНЦЕВ А.Ю. Дидактика астрономии: от XX к XXI веку

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 65 УФИМЦЕВ Г.Ф. Симметрия планетарного рельефа Земли
74 ТОПУНОВ А.Ф. Закономерность дарвиновской эволюции
81 СИМАКОВ Ю.Г. Преформированная космическая эволюция

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 90 Небесный календарь: сентябрь–октябрь 2002 г.
96 ВИНЬЯМИНОВ И.В. Мои наблюдения

ХРОНИКА СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ

- 102 СТАРОВОЙТ О.Е., ЧЕПКУНАС Л.С., ГАБСАТАРОВА И.П. Непokoйны земные глубины...

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

- 106 ЛЕСКОВ Л.В. История противостояния в космосе



© Академиздатцентр "Наука"
Российская академия наук
журнал "Земля и Вселенная" № 4, 2002 г.

Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per, 26, f. 1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Sciences and the Society of Astronomy and Geodesy; popular; current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Editor V.K. Abalakin; Deputies Editors V.M. Kotlyakov, E.P. Levitan

In this issue:

На стр. 1 обложки: туманность Конская голова (со звездие Ориона). Совмещенные снимки в трех цветах (красном, зеленом и синем) получены на Европейской Южной Обсерватории с помощью Очень Большого Телескопа. Размер изображения – 6.5' × 6.7'. Север – слева, восток – внизу. Фото ЕЮО (к с. 36).

На стр. 2 обложки: экипаж пятой основной экспедиции на МКС во время тренировки в ЦПК: П. Уитсон (США), В.Г. Корзун и С.Е. Трещёв (РФ). Фото Н.Л. Семенова.

На стр. 3 обложки: сверху – снимок полярного сияния, полученный С.А. Черноусом 30 марта 2001 г. в 20 ч 30 мин на полигоне Полярного геофизического института под г. Апатиты (к ст. о Ю.И. Гальперине); внизу – язык ледника № 31 (хребет Сунтар-Хаята в Якутии). Проводившие здесь летом 2001 г. исследования российские и японские гляциологи установили, что, несмотря на потепление климата, ледник в ближайшие 10 лет сохранится (к ст. М.Д. Ананичевой и Н.В. Давидович).

На стр. 4 обложки: ремонт Космического Телескопа им. Э. Хаббла. 5 марта 2002 г. В открытом космосе работают астронавты М. Массимино и Д. Ньюман. Экспедиция корабля "Колумбия" (программа STS-109). Фото NASA (к с. 37).

- 3 GINSBURG V.L. Astrophysics and cosmology: most important achievements for the last three years
- 9 KARDASHEV N.S. Cosmology and SETI problems
- 25 VOLODIN S.V. Perspective space transportation systems

PEOPLE OF SCIENCE

- 39 Yuriy Ilyich Galperin (to the 70th birthday)

EXPEDITIONS

- 47 ANANICHEVA M.D., DAVIDOVICH N.V. Glaciers above pole of cold

ASTRONOMICAL EDUCATION

- 56 LEVITAN E.P., RUMYANTZEV A.Yu. Astronomic didactics: from XX to XXIst century

HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS

- 65 UFIMTZEV G.F. Symmetry of Earth planetary relief
- 74 TOPUNOV A.A. Regularity of Darwin's evolution
- 81 SIMAKOV Yu.G. Preformed cosmic evolution

AMATEUR ASTRONOMY

- 90 Celestial calendar: September–October 2002
- 96 VINJAMINOV I.V. My observations

CHRONICLE OF SEISMICITY OF THE EARTH

- 102 STAROVOIT O.E., CHEPKUNAS L.S., GABSATAROVA I.P. Restless Earth depths...

BOOKS ON EARTH AND SKY

- 106 LESKOV L.V. History of space opposition

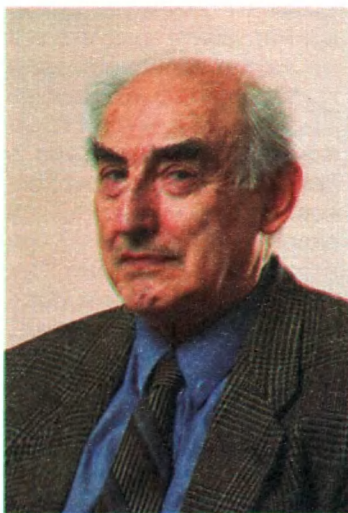
Редакционная коллегия

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН
Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ
Зам. главного редактора доктор педагогических наук Е.П. ЛЕВИТАН
доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН,
доктор физ.-мат. наук Л.В. ЗЕЛЕНЬКИЙ,
доктор филос. наук В.В. КАЗЮТИНСКИЙ,
доктор физ.-мат. наук Л.И. МАТВЕЕНКО,
член-корр. РАН И.И. МОХОВ, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ,
член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор техн. наук Г.А. ПОЛТАВЕЦ,
доктор геол.-мин. наук Г.И. РЕЙСНЕР,
доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ,
доктор физ.-мат. наук Ю.А. СУРКОВ,
доктор техн. наук Г.М. ТАМКОВИЧ,
академик АН Молдовы А.Д. УРСУЛ, член-корр. РАН А.М. ЧЕРЕПАЩУК,
доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО

Астрофизика и космология: важнейшие достижения за последние три года

В. Л. ГИНЗБУРГ,
академик

В течение тридцати лет автор осуществляет своего рода “педагогический проект”: изложение и пропаганду некоторого “физического минимума”. Вниманию читателей предлагается “список” из десятков проблем, которые занимают особенно важное место в физике, астрофизике и космологии в рассматриваемый период. По мнению автора, каждый физик должен иметь хотя бы некоторое представление об этих проблемах. Совершенно очевидно, что любой такой “список” ограничен и субъективен, а беглое перечисле-



ние отдельных задач и результатов имеет лишь ограниченное значение и

ценность. К сожалению, такой подход неизбежен, когда речь идет о попытках как-то угнаться за бешено мчащимся поездом – прогрессом в науке.

Предыдущая статья на эту тему опубликована в “Успехах физических наук”, 169, № 4, 1999 г., следующая – в УФН, 172, № 2, 2002 г. Предлагаем вниманию читателей “Земли и Вселенной” несколько сокращенное и адаптированное изложение астрофизических проблем, рассматриваемых в последней статье. Именно в астрофизике сейчас достигнуты наиболее впечатляющие результаты.

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ДЛИНА

Вновь вышла из тени и стала актуальной **проблема фундаментальной длины**. В последние десятилетия считалось, что существует лишь одна фундаментальная длина:

$$L_g = \sqrt{(G\hbar)/c^3} = 1.6 \times 10^{-33} \text{ см},$$

фигурирующая в космологии и физике высоких энергий. Ее называют также планковской длиной. Здесь G – гравитационная постоянная, $\hbar = 1.055 \times 10^{-27}$ эрг · с – квантовая постоянная, c – скорость света.

Существование какой-то еще, большей фундамен-

тальной длины считалось маловероятным, можно сказать ненужным. Напомним, что пространство “прощупано” на ускорителях до длин 10^{-17} см.

Уже давно обсуждается возможность того, что помимо обычных трех пространственных измерений

и одного времени в реальном мире “работают” и другие измерения. Однако до недавнего времени обычно предполагалось, что пятое и все другие пространственные измерения **компактифицируются** с характерным размером порядка L_g (грубо говоря, это значит, что они скручиваются в “трубки” с радиусом порядка L_g). Теперь стали допускать, что одно и даже более из “дополнительных” измерений компактифицируется не с радиусом L_g , а с другим, возможно значительно большим радиусом L_c . Этот радиус в известном смысле тоже будет играть роль некоторой фундаментальной длины L_c . Мне пришлось видеть статьи, в которых лишь немногие дополнительные измерения, по предположению, имеют радиус $L_c \gg L_g$, причем это сказывается на поведении гравитационного поля. Так, наличие длины L_c может привести к изменению зависимости силы гравитационного притяжения от расстояния между взаимодействующими телами. В этом случае ньютоновский закон всемирного тяготения при малых расстояниях станет более “крутым” (сейчас известно лишь, что этот закон справедлив для расстояний больше 0.01 см). Я убежден, что соответствующее направление исследований будет в центре внимания в обозримом будущем.

ГАММА-ВСПЛЕСКИ

Еще в 1997 г. установлена космологическая природа мощных гамма-вспле-

сков. Ранее (например, в 1999 г.) я уже обсуждал это, а здесь ограничусь упоминанием о **гамма-всплеске GBR000131** с параметром красного смещения $z = 4.5$, что отвечает расстоянию примерно в 11×10^9 св. лет (Земля и Вселенная, 2001, № 1). Нужно подчеркнуть, что излучение гамма-всплесков, скорее всего, не изотропно, причем это, видимо, доказано. Анизотропия излучения столь велика, что оценка энерговыделения резко снизилась по сравнению с обсуждавшейся ранее в предположении об изотропности излучения. Например, считалось, что было зафиксировано энерговыделение, достигающее 3×10^{54} эрг $\sim M_\odot c^2$. На самом деле оно, возможно, в тысячу раз меньше, что сопоставимо с характерным энерговыделением при вспышках сверхновых. Однако источники космологических гамма-всплесков, называемые иногда **гиперновыми**, вряд ли связаны со сверхновыми, более вероятно коллапс пары нейтронных звезд. Впрочем, ясности в этом вопросе еще нет.

НЕЙТРИННЫЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ

В 1998 г. было сделано одно из крупнейших открытий за многие годы – обнаружены **нейтринные осцилляции**. Установлено, что, по крайней мере, **нейтрино** одного аромата (сорта) **имеет массу, отличную от нуля**. Сейчас в существовании нейтринных осцилляций нет уже никаких сомнений, и выясни-

лось, что именно эти осцилляции ответственны за давно известную загадку нейтринного излучения Солнца (Земля и Вселенная, 1974, № 4; 1979, № 1; 1993, № 2). Должен заметить, что как раз необходимость освещения вопроса о нейтринном излучении Солнца, наряду с установлением ускоряющегося расширения Вселенной и ролью “темной энергии” в космологии, побудила меня написать новую статью по данной тематике. Без упоминания этих двух крупнейших открытий, что в статье трехлетней давности, естественно, сделано быть не могло, картина современного положения в физике и астрономии была бы неполной.

Измеряемый поток нейтрино от Солнца оказался в два-три раза меньше вычисленного. Попытки как-то устранить противоречие за счет изменения модели Солнца (варьирования разных параметров модели), казавшиеся особенно привлекательными теоретикам (мне, во всяком случае), с уточнением расчетов выглядели все менее правдоподобными. Поэтому на передний план вышла гипотеза о роли нейтринных осцилляций, т.е. о превращении части электронных нейтрино на пути от центра Солнца до Земли в мюонные и (или) тау-нейтрино. Эта гипотеза в 2001 г. блестяще подтвердилась.

На подземной установке **SNO** (Sudbury Neutrino Observatory), содержащей 1000 тонн ультрачистой тяжелой воды D_2O , был измерен поток электронных нейтрино с энергией,

большей 6.75 МэВ. Он оказался равным $(1.75 \pm 0.14) \times 10^6 \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Такой поток составляет лишь 35% потока, вычисленного по стандартной модели Солнца. Результаты, полученные на другой установке, **Супер Камиоканде**, регистрирующей нейтрино всех трех типов, или, как говорят, ароматов (flavours), позволили установить общий поток нейтрино, испускаемых Солнцем (точнее, наблюдаемых на Земле, но приходящих от Солнца). Этот поток оказался равным $(5.44 \pm 1) \times 10^6 \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$, что подтверждает справедливость стандартной модели Солнца и, главное, существование нейтринных осцилляций. Имеющиеся данные ограничивают, по-видимому, массу всех нейтрино значением 2–3 эВ. Это верхний предел, масса нейтрино может оказаться значительно меньше. Возможный вклад нейтрино в массу темной материи, скорее всего, невелик, но точные результатов еще нет. Предстоит еще многое сделать, но главная задача, или, правильнее сказать, загадка нейтринного излучения Солнца, решена.

В 1930 г. В. Паули с несвойственной ему робостью в письме, адресованном некоему физическому конгрессу, высказал мысль о существовании нейтрино. Сегодня мы имеем целую область физики и астрономии, исследующую проблему нейтрино.

КОСМОЛОГИЯ

Еще в 1975-81 гг. был сделан существенный шаг

в направлении обобщения классической **релятивистской фридмановской космологии**. Предложена **инфляционная модель**, в которой Вселенная вблизи “сингулярности”, фигурирующей в ряде космологических (в том числе фридмановских) моделей, базирующихся на общей теории относительности (ОТО), очень быстро “раздувается”. После инфляции Вселенная развивается по фридмановской модели. В существовании “раздувания”, по-видимому, трудно сомневаться, но для нас особенно важно, что самое новое в космологии связано с постинфляционной стадией. (Об инфляции см. дискуссионную статью Э.Б. Глинера в УФН, 172, № 2, 2002 г.)

Есть основания считать, что во Вселенной везде и всюду присутствует “**вакуумная материя**”. Теперь ее часто называют “**темная энергия**” (dark energy) или “**квинтэссенция**” (quintessence). Неоднократно указывалось на возможную роль Λ -члена в “вакуумной материи” (Земля и Вселенная, 2001, № 4). Плотность соответствующей энергии:

$$\varepsilon_v = -p_v = c^4 \Lambda / 8\pi G.$$

В этом “уравнении состояния” p_v – давление, а Λ – постоянная, фигурирующая в основном уравнении Эйнштейна в ОТО.

Если $\Lambda > 0$, то плотность энергии положительна, и, следовательно, давление отрицательно, а это как раз отвечает гравитационному отталкиванию (ан-

тигравитация). Дело в том, что в ОТО “действующая гравитационная масса” единицы объема равна $(\varepsilon + 3p)/c^2$, и давление, можно сказать, “имеет вес”. Для уравнения состояния ($\varepsilon_v = -p_v$) при $\varepsilon_v > 0$ плотность “гравитационной массы” есть $-2\varepsilon_v/c^2$, т.е. она отрицательна (“антигравитация”). Другими словами, отрицательное давление “работает” против обычного гравитационного притяжения (формально в ОТО никаких “гравитационных масс” и “сил” нет, поэтому, пользуясь классическим языком, я и ставлю кавычки).

Фридмановская изотропная и однородная космологическая модель характеризуется, в первую очередь, плотностью всей материи $\rho = \varepsilon/c^2$. Для плоской модели Эйнштейна – де Ситтера (в этой модели пространственная метрика евклидова), которая считается сегодня отвечающей действительности (это утверждение тоже крупное завоевание последнего времени), плотность ρ есть

$$\rho = \rho_c = 3H^2/8\pi G,$$

где H – постоянная Хаббла, связывающая скорость v космологического расширения с расстоянием r до соответствующего объекта в законе Хаббла $v = H \cdot r$. Для величины $H = H_0$ в нашу эпоху различные исследователи приводят разные значения. Примем $H_0 = 64 \pm 13 \text{ км/с Мпк} = 2.07 \times 10^{-18} \text{ с}^{-1}$. Тогда критическая плотность (та, при которой метрика евклидова) $\rho_{c0} = 8 \times 10^{-30} \text{ г/см}^3$. Вместо ρ

значительно чаще используется величина $\Omega = \rho / \rho_c$. В плоской модели, очевидно, $\Omega = \Omega_c = 1$. В величину Ω свои вклады вносят барионы (b), темная материя (d) и, наконец, темная энергия (обозначим ее индексом Λ , хотя правильное было бы использовать индекс v). Таким образом, $\Omega = \Omega_b + \Omega_d + \Omega_\Lambda$.

Вкладами электронов, фотонов (и нейтрино) здесь пренебрегаем, что для наших целей вполне законно. В рамках ОТО Λ -член – постоянная величина. Оценке $\Omega_\Lambda \approx 1$ для величины Ω_Λ отвечает значение $\Lambda_0 \approx 10^{-56} \text{ см}^{-2}$. Делались многочисленные попытки доказать или как-то обосновать, что в действительности $\Lambda = 0$. Но, основываясь на наблюдениях, все же пришли к выводу, что $\Lambda \neq 0$. Более того, значение Λ (или, точнее, Ω_Λ) столь велико по сравнению с другими составляющими Ω , что в нашу эпоху происходит не замедление, а **увеличение скорости расширения Вселенной**. В этом и состоит очень крупное открытие в космологии.

В моей статье 1999 г. приводятся значения Ω_b , Ω_d и Ω_Λ при $\Omega = 1$: $\Omega_b = 0.03 \pm 0.015$, $\Omega_d = 0.3 \pm 0.1$ и $\Omega_\Lambda = 0.7 \pm 0.1$. Сейчас известны такие уточнения: $\Omega_b = 0.044 \pm 0.01$ и $\Omega = 1$. Отметим также хорошее согласие с теорией наблюдательных данных о **химическом составе** вещества во Вселенной.

Существенная роль “темной энергии” не вызывает никаких сомнений. Однако применение к ней уравнения состояния $\epsilon_v = -p_v$

находится под вопросом. Возможно, что к близким результатам приводит и уравнение состояния $\epsilon_v = w^{-1}p_v$, $w < 0$ (очевидно, Λ -члену отвечает значение $w = -1$). Такую темную энергию (квинтэссенцию) связывают с существованием некоего **скалярного поля**. Если одновременно присутствуют и Λ -член, и квинтэссенция, то, видимо, их вклад в Ω просто суммируется. Как уже упоминалось, правильное было бы ввести обозначение Ω_v , имея в виду вклад в Ω всей “вакуумной материи” независимо от ее природы. В принципе, значение w можно определить из наблюдений. Вся эта проблема пока находится в ранней стадии исследований, но, несомненно, мы имеем здесь дело с одной из самых “горячих” точек современной космологии.

АСТРОФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Астрономия, которая сегодня неотделима от космических исследований, развивается очень бурно. Естественно, ее успехи за последние годы не ограничиваются вышеизложенным. Это относится, в частности, к **гамма-астрономии** и изучению **космических лучей со сверхвысокой энергией** (Земля и Вселенная, 1973, № 1; 1976, № 5). Большой интерес представляет обнаружение жесткого гамма-излучения от остатка Сверхновой Cas A. Продолжается детектирование рентгеновских и гамма-фотонов от остатков других сверх-

новых. Источником фотонов здесь являются, по-видимому, релятивистские электроны, ускоряющиеся в результате вспышек.

На Большом андронном коллайдере, который должен вступить в строй в ЦЕРНе, вероятно, в 2006-07 гг., энергия протонов в каждом из двух встречных пучков составит 7 ТэВ. Полная энергия в центре масс – 14 ТэВ. Это наибольшая энергия, которой можно достигнуть на ускорителях в обозримом будущем. Протон же с энергией 3×10^8 ТэВ (такова наивысшая энергия, наблюдавшаяся в космических лучах), сталкивающийся с покоящимся нуклоном, в системе центра масс имеет энергию около 400 ТэВ. Поэтому космические лучи еще длительное время будут представлять известный интерес для физики высоких энергий.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Завершая перечисление достижений в области астрофизики и космологии, скажу о некоторых неортодоксальных взглядах. Разумеется, в науке всегда шла и идет борьба идей. При этом нередко оспариваются общепринятые взгляды и теории, в том числе общая теория относительности и квантовая механика. По поводу этих двух великих теорий все известные мне критические замечания представляются несерьезными.

К сторонникам неортодоксальных взглядов относятся известные астрофизики Ф. Хойл и Г. Бербидж,

которых никак нельзя считать неинформированными. Так вот, эти авторы отрицают космологию Большого взрыва и утверждают, что существует значительное некосмологическое красное смещение в спектрах галактик. В отношении Большого взрыва я не вижу веских оснований для критики, но в вопросе о красном смещении все ссылки делаются на наблюдательные данные. Судить об этих данных не могу, как и об обоснованности их отрицания, или, точнее, возможности не считать убедительными. Необходимо выяснить истину.

Мною уже затрагивались в предыдущей статье такие “великие” проблемы, как возрастание энтропии и “стрела времени”, интерпретация и возможное совершенствование нерелятивистской квантовой механики, проблема редукционизма (попытки сведения, условно выражаясь, биологии к физике). Судя по литературе, интерес к интерпретации квантовой механики не иссякает. В СССР долгие годы свободное обсуждение этой проблемы находилось фактически под запретом, но и после отмены цензуры в России, быть может просто по инерции, дискуссии не получили широкого распространения. Между тем ценность дискуссий по методологическим вопросам естествознания, по-моему, бесспорна. Поэтому в УФН в 2000–2001 гг. была проведена дискуссия на тему об интерпретации квантовой механики.

Хотелось бы воспользоваться случаем и дополнить, если угодно, “осовременить” мою статью 1999 г. (см. выше). В последние годы возник “бум” в связи с исследованием Бозе-Эйнштейновской конденсации в разреженных газах. (Бозе-конденсат – состояние вещества, охлажденного почти до абсолютного нуля, когда множество элементарных Бозе-частиц в нем ведет себя как некое единое целое.) “Бум”, в общем, продолжается и был подогрет присуждением Нобелевской премии в 2001 г. трем физикам за “достижение Бозе-Эйнштейновской конденсации в разреженных газах щелочных металлов и ранние фундаментальные исследования свойств этих конденсатов”. Здесь хотелось бы коснуться общего вопроса о Нобелевских премиях по физике. Отдавая должное этим премиям, отмечу существенное изменение их характера, правда не во всех случаях, произошедшее в последние десятилетия. Как известно, первая Нобелевская премия по физике была присуждена в 1901 г. В. Рентгену за открытие лучей, которые мы сегодня называем рентгеновскими. В дальнейшем премии по физике также присуждались в основном за индивидуальные достижения лауреата или лауреатов (премия присуждается не более чем троим претендентам). При этом отбор лауреата или лауреатов в большинстве случаев был, вероятно, очень не легким делом, но все же

конкурс происходил между теми или иными открытиями (достижениями) и многими их авторами (часто автор был один). Сейчас же довольно часто выбор трех заветных лауреатов напоминает спортивные соревнования на беговой дорожке или в бассейне. В этом случае медалей также три, правда разного достоинства (золотая, серебряная, бронзовая), Нобелевские же медали все золотые. Зато в видах спорта, о которых идет речь, решает секундомер (кстати, в реальность точности результата до сотой, а то и тысячной доли секунды мне не верится, даже если используются фотофиниш и другие ухищрения). А как определить победителей в науке, когда исследование ведется большим коллективом ученых и инженеров (роль последних в экспериментальной работе может быть отнюдь не второстепенной)? Мы хорошо знаем, что в ряде случаев премии и награды получают просто “по должности” начальники отделов, научные руководители и вообще “боссы”. Они же нередко фигурируют и в числе соавторов различных публикаций (статей) и патентов, хотя имеют к ним весьма сомнительное отношение. Разумеется, было бы бесосновательно и даже оскорбительно переносить подобные подозрения на работу Нобелевских комитетов по науке в целом. Они стараются тщательно анализировать множество рекомендаций представителей научного сообщества. Например, при отборе лау-

реатов на премию 2000 г. Нобелевский комитет по физике разослал более 2000 запросов физикам многих стран с просьбой выдвинуть кандидатов на присуждение премии. В результате было получено около 300 предложений, и обычно респонденты знают, кого и за что они номинируют, представляют себе их роль в коллективе, если достижение получено в результате усилий многих авторов. Нужно отметить также, что предложение Нобелевского комитета номинировать кандидатов сопровождается настоятельной просьбой делать это конфиденциально, а не обсуждать на каких-то собраниях и ученых советах. Другое дело, что такой призыв часто игнорируется, и даже я знаю немало таких примеров.

Думаю, что некоторые соавторы лауреатов, не по-

лучившие премии, чувствуют себя не очень уютно, и аналогия с пробежавшими дистанцию на сотые доли секунды медленнее троих медалистов не слишком далека от реальности. Вышесказанное не имеет своей целью бросить какую-то тень на Нобелевские премии по науке вообще. Хотелось лишь охарактеризовать сложившуюся ситуацию. Ну что же, такова жизнь, и было бы, конечно, абсурдно отменять награждение медалями на спортивных соревнованиях, включая Олимпийские игры. В еще большей степени это относится к Нобелевским премиям по науке, ибо по своему содержанию они в целом весьма далеки от спортивных соревнований. Единственный вывод, который я хочу сделать из сказанного, касается прежде всего представителей средств массовой информации, которые

не должны превращать Нобелевские премии и их лауреатов в объект какого-то культа.

Думаю, что читатели сумеют сами получить еще немало дополнительной информации по всем затронутым, а также оставленным здесь без внимания вопросам. Мы стараемся в "Успехах физических наук" действовать в соответствующем направлении. Но не следует забывать, что возможности УФН ограничены, и этот журнал не может, наряду со своими основными функциями, полностью заменить журналы типа "Physics Today" и "Physics World". Поэтому, по моему убеждению, в России нужно **срочно начать издание журнала "Физика и астрономия сегодня"**, аналогичного упомянутым англоязычным ежемесячникам.

Информация

Газ в шаровых скоплениях

За время жизни звезд значительная доля их вещества рассеивается в пространстве. Следует ожидать, что внутри шаровых скоплений, плотно усеянных старыми звездами, накопилось значительное количество газа. Однако его поиски в шаро-

вых скоплениях долгое время не приносили результата.

Астрономы П. Фрейре и М. Крамер предприняли поиски газа в скоплении 47 Тукана с помощью 64-м радиотелескопа Обсерватории Паркс в Австралии. Они наблюдали пульсары, входящие в состав скопления, и по изменению частоты их радиоизлучения при обращении вокруг центра скопления вычислили, где находится пульсар: на ближней от нас или дальней стороне скопления. Затем определили количество газа, повлиявшее на дошедшее до нас ра-

диоизлучение пульсаров. Разница обусловлена газом, содержащимся в скоплении.

Плотность газа внутри скопления оказалась примерно в 100 раз больше, чем в его окрестностях, а общее количество газа в центральной части составило только $0.1 M_{\odot}$. По-видимому, он покидает скопление, разгоняясь до скорости 50 км/с под действием излучения многочисленных пульсаров, входящих в это звездное облако.

Astrophysical Journal Letters,
November, 1. 2001



Космология и проблемы SETI

Н.С. КАРДАШЕВ,
академик

Некоторые данные современной космологии могут представлять интерес для решения проблем SETI.

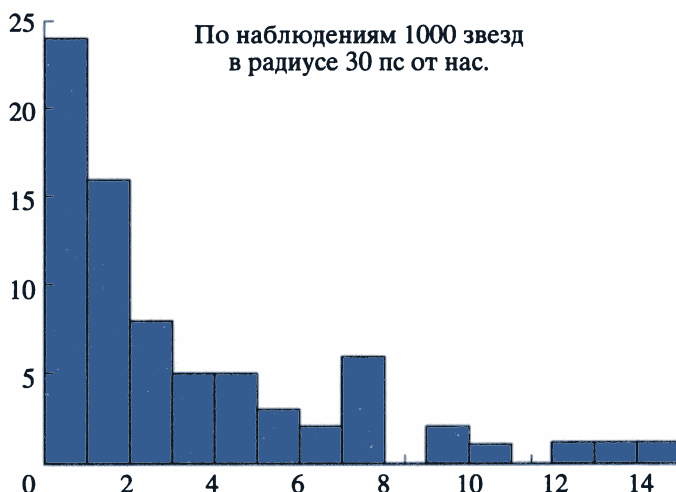
ОТКРЫТИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДРУГИХ ПЛАНЕТНЫХ СИСТЕМ

Исследования, имеющие отношение к SETI, идут широким фронтом, и, прежде всего, это связано с недавним открытием планет, обращающихся около сотни ближайших звезд. Все обнаруженные планеты оказались очень массивными. Эти планетные системы совсем не похожи или мало похожи на нашу Солнечную систему, потому что большие планеты в них находятся очень близко от своих звезд. Однако это не удивительно, т.к. использовался метод высокоточного измерения переменности скоростей звезд, которая связана с обращением звезды и планеты

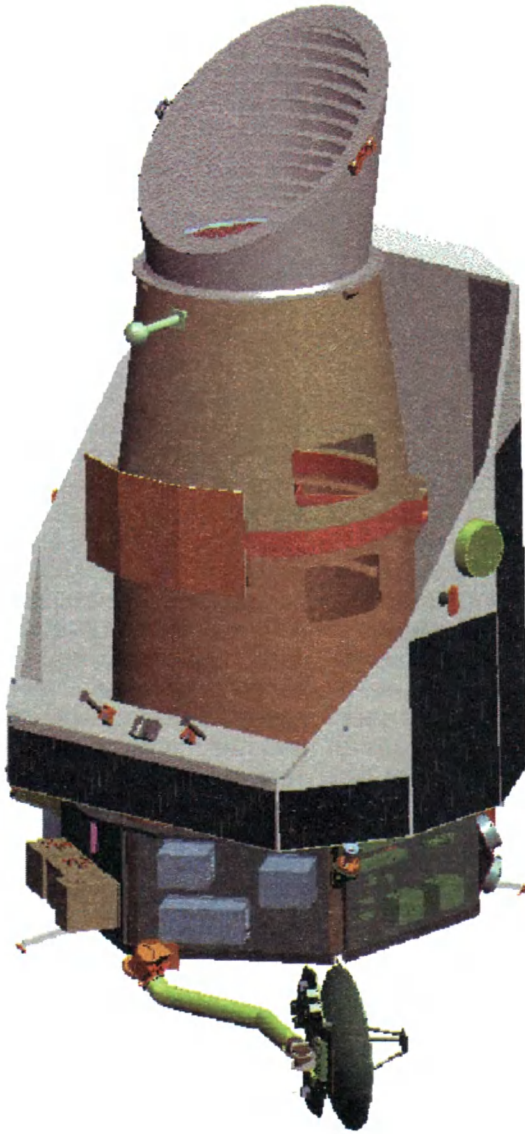
около общего центра тяжести. Этим методом, в первую очередь, и должны быть найдены большие и близкие к звезде планеты.

Планируется создать специальные космические аппараты для того, чтобы

обнаружить планеты, похожие на Землю. Будут использованы и другие методы исследования. Один из проектов – “Кеплер”, который предполагается запустить в 2006 г. Его оснастят телескопом с диаметром



Статистика обнаруженных планет других звезд. По горизонтальной оси – массы планет в массах Юпитера; по вертикальной – количество обнаруженных планет. Рисунок Марси, Батфера, Фишера, Фогта.



ромное количество планет еще большего радиуса.

Более далекие проекты поиска жизни во Вселенной планируют эксперименты по прямому обнаружению излучения самих планет. Будут сделаны попытки обнаружить жизнь на них по спектрам атмосфер, содержащим линии кислорода.

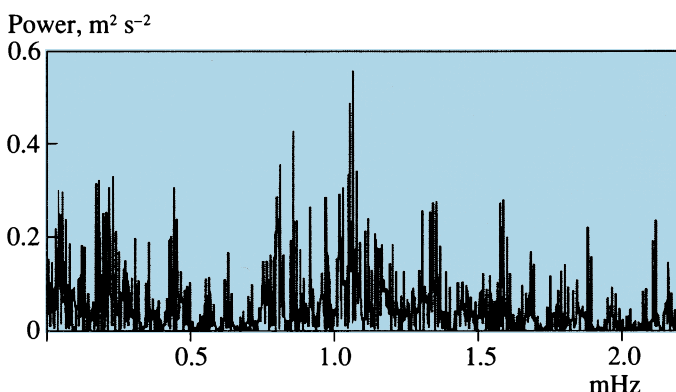
ВОЗРАСТ ДРУГИХ ПЛАНЕТНЫХ СИСТЕМ

Недавно были проведены наблюдения пульсации звездных атмосфер, обусловленных распространением в них акустических волн. Это совершенно новое направление исследований – звездная сейсмология. Период пульсации позволяет определить возраст звезды. Оказалось, что у звезды β Гидры, похожей на Солнце, период пульсаций существенно больше. Он составляет 17 мин, а у Солнца, как известно, 5 мин. Подобные наблюдения привели к выводу о том, что существуют звездные системы, похожие на нашу Солнечную, но старше ее на миллиарды лет. Какой же будет там цивилизация?

Я еще раз хочу обратить внимание на быстрые темпы развития новых методов в астрономии. Уже в 2004 г. предполагается запустить специальный спутник "MONS" (измеритель колебаний ближай-

зеркала 0.95 м и чувствительным фотометром. Одновременно в поле зрения аппарата попадет огромное число звезд до 14^m . Особое внимание будет уделено исследованию тех звезд, у которых плоскость планетных орбит совпадает с направлением луча зрения. В этих случаях, возможно, удастся уловить ослабление яркости звезд

ды во время затмения ее планетой. Вероятность проекции орбиты для обитаемой зоны (около одной астрономической единицы) – 0.5%. Предполагается обнаружить в течение года около 50 планет с радиусом порядка радиуса Земли, 185 планет с радиусом 1.3 земного, 640 планет с радиусом, составляющим 2 радиуса Земли и ог-

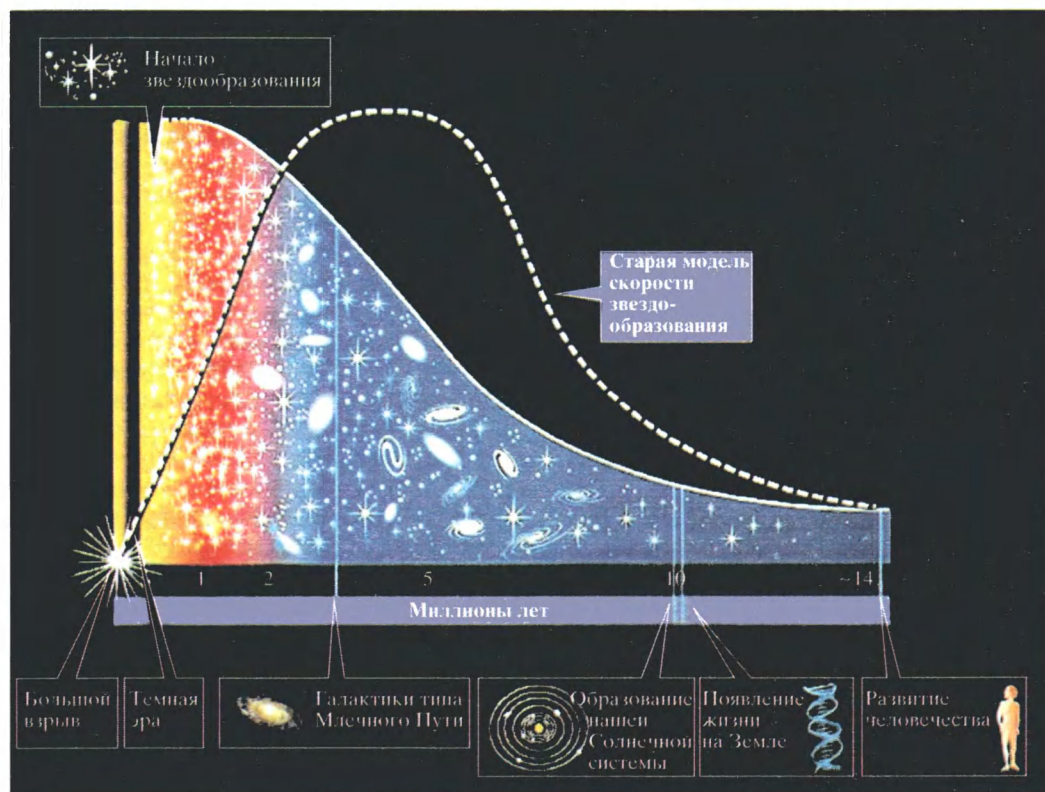


ших звезд) с телескопом и спектрографом для проведения исследований звездных пульсаций. Экспериментаторы надеются полностью исключить влияние земной атмосферы. В результате таким методом будет определен возраст многих звезд.

Необходимо упомянуть еще об одном важном открытии, сделанном американскими учеными в конце прошлого года. Речь идет об исследовании предель-

но далеких объектов Вселенной. Многоцветные фотометрические наблюдения показали, что по ним можно определить скорость звездообразования в галактиках. Выяснилось,

что наибольшее количество звезд образовалось на 4–5 млрд. лет раньше, чем предполагали теоретики. Это означает, что время начала образования солнцеподобных звезд, воз-



Новая модель звездообразования в нашей Вселенной. По горизонтали – возраст от начала Большого взрыва; по вертикали – темпы звездообразования. Рисунок К. Ланцетта.

можно, увеличивается на миллиарды лет. Следовательно, во Вселенной могут быть очень развитые цивилизации, намного старше нашей.

СФЕРЫ ДАЙСОНА

Имеет смысл искать не только другие планетные системы, но и крупные космические конструкции, созданные их цивилизациями. Таковы, например, инфракрасные объекты типа сфер Дайсона.

Напомню, что множество источников инфракрасного излучения удалось наблюдать с помощью спутника "IRAS" (Земля и Вселенная, 1994, № 1).

Как среди них найти источники искусственного происхождения? Если спектр принадлежит, например, естественным пылеобразным облакам, то интенсивность излучения

должна быть обратно пропорциональна примерно кубу длины волны, а при излучении твердых тел, составляющих инженерные сооружения, — квадрату длины волны. Необходимые измерения могут быть выполнены в самое ближайшее время.

Новые данные предполагается получить в результате запуска летом этого года крупнейшей инфракрасной космической обсерватории "SIRTF". Телескоп NASA (диаметр зеркала 85 см) будет работать в диапазоне длин волн от 3 до 180 мкм. Напомню, что максимум излучения сферы Дайсона с температурой 300 К (27°C) соответствует длине волны 17–20 мкм. Новая обсерватория в 100 раз чувствительнее, чем "IRAS", летавший 15 лет назад. Очень важно, что новый спутник, требующий глубо-

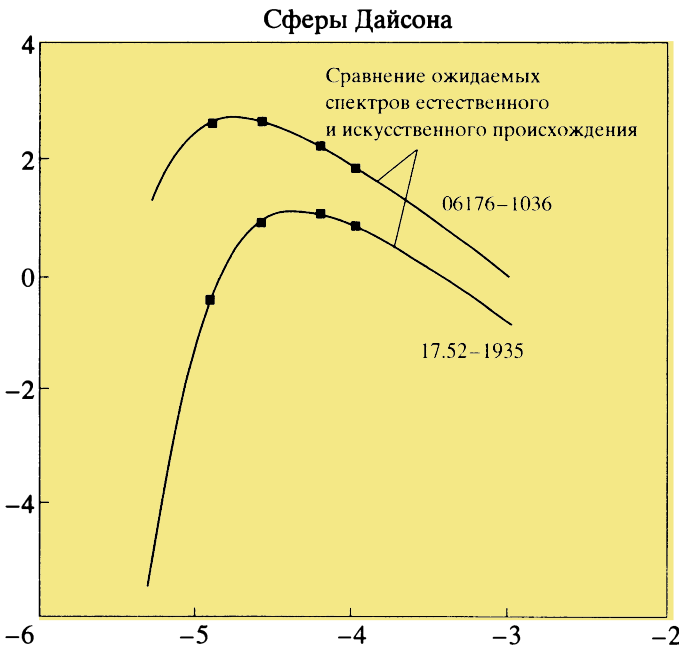
кого охлаждения телескопа и детекторов, должен находиться далеко от Земли, чтобы исключить нагрев ее излучением. Кроме того, аппаратуру спутника защитят специальные экраны солнечного излучения. С запуском этого спутника открываются большие возможности для обнаружения объектов, похожих на сферу Дайсона.

НОВОЕ В КОСМОЛОГИИ

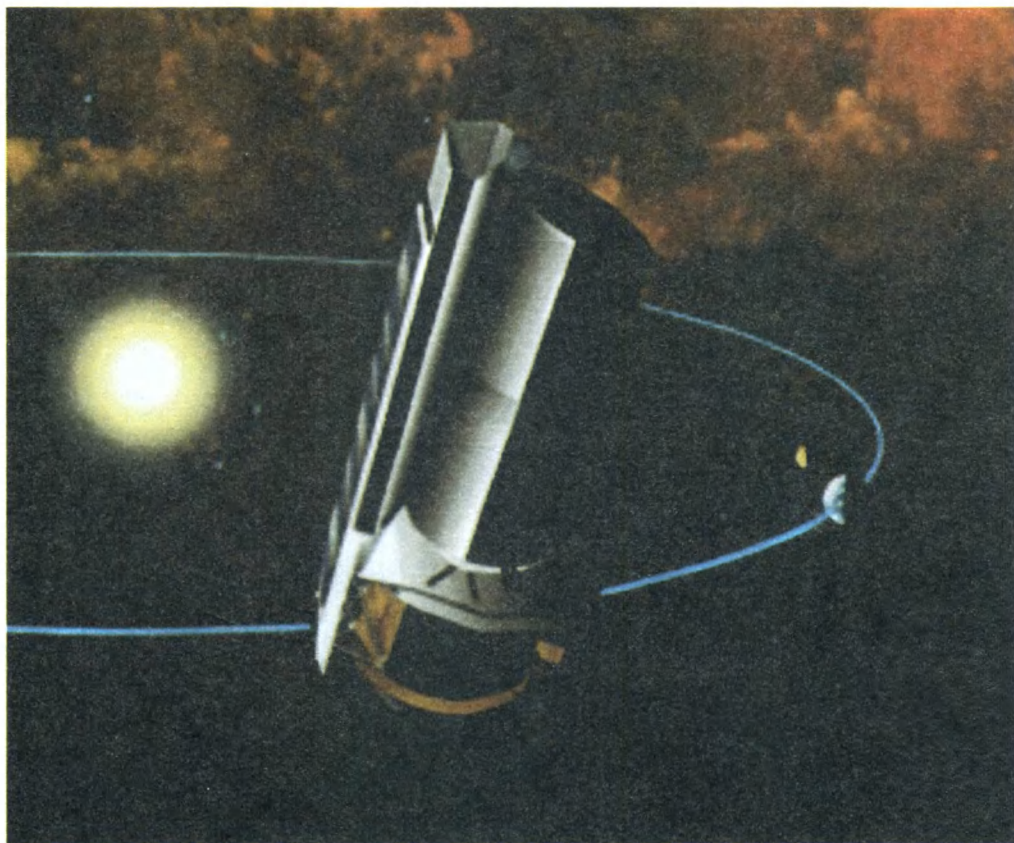
Далее мне хотелось сказать несколько слов о проблемах космологии и о совершенно необычных открытиях самых последних лет.

Вспомним основные составляющие нашей Вселенной.

Земля и мы сами состоим из "тяжелых" элементов — это очень малая часть средней плотности нашей Вселенной. В прошлом году было, наконец, надежно установлено, что нейтрино имеет не нулевую массу ($m_\nu \sim 3 \text{ эВ}$), но общий вклад нейтрино в среднюю плотность Вселенной лишь 0.3%. Вклад звезд и галактик в среднюю плотность — всего 0.5%. Свободный водород, который находится в межзвездной и межгалактической среде, составляет не более 4%. Основная часть средней плотности Вселенной приходится на две совсем другие составляющие.



Непрерывные спектры инфракрасных объектов, похожие на спектры сфер Дайсона. Получены со спутника "IRAS". Рисунок М. Тимофеева.



Инфракрасная космическая обсерватория "SIRTF" (США). Рисунок NASA.

Это, во-первых, некая темная материя (30%), неоднородно распределенная в пространстве. Она, безусловно, гравитирует и связана с галактиками и их скоплениями. Природа этой темной материи загадочна. Предложено много гипотез.

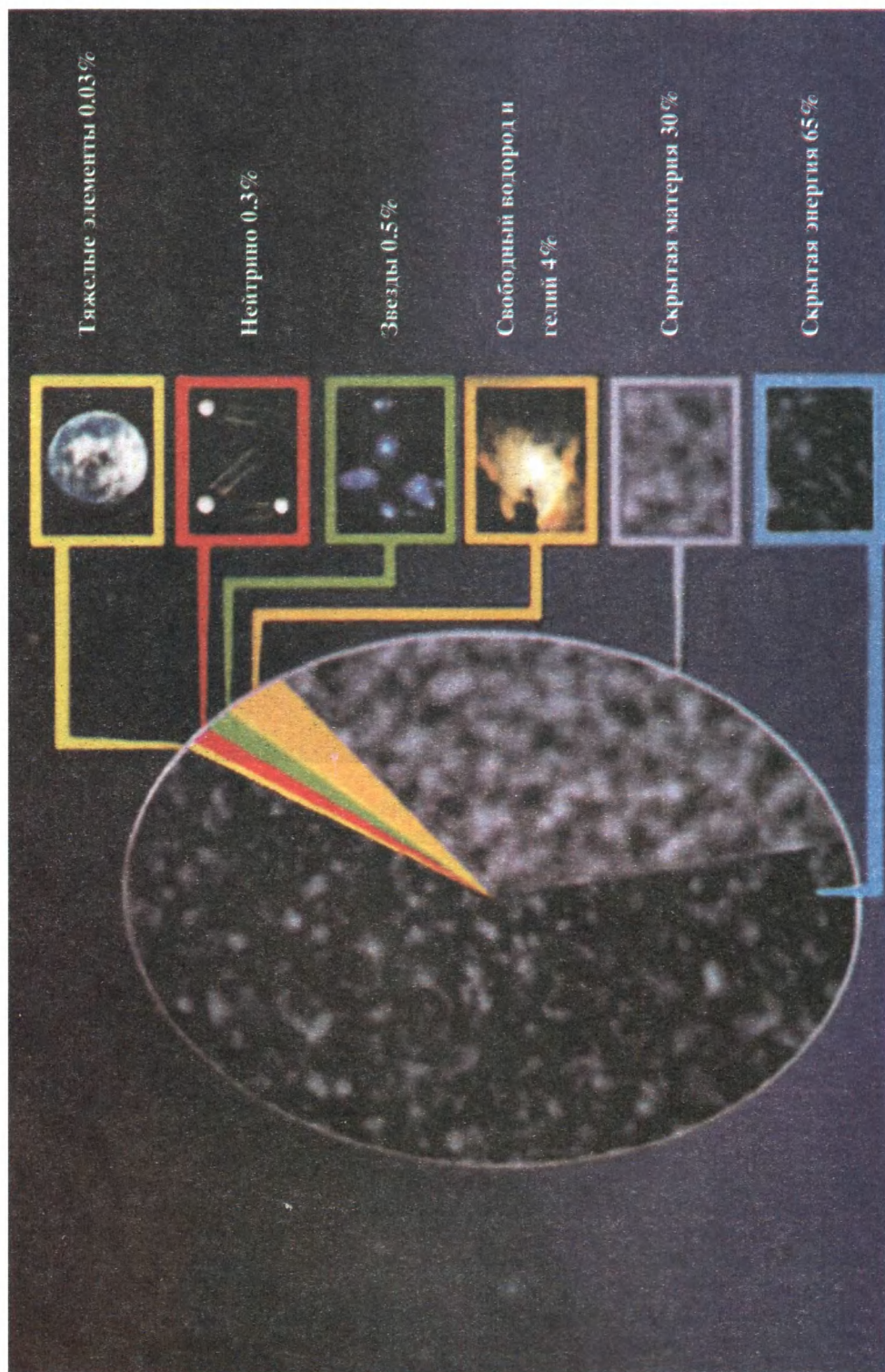
Во-вторых, имеется вакуумная материя, равномерно распределенная по всему пространству. Вот она, скорее всего, и есть главная составляющая нашей Вселенной (около 65%), что следует из многих независимых данных.

Поэтому, говоря о цивилизациях, подобных нашей, и значительно более совершенных, нельзя забывать, что мы еще слишком мало знаем о Вселенной. По сути дела, мы знаем лишь о 5% ее вещества, т.е. имеем совершенно ничтожную долю информации. Ученых это, конечно, радует: их ждут самые необычные результаты исследований.

В настоящее время создан ряд программ по картографированию скрытой массы, неоднородно распределенной во Вселенной. Эти исследования базируются, главным образом, на том, что если есть некое невидимое вещество, то его гравитация воз-

действует на распространение света (и других электромагнитных волн).

Например, под воздействием гравитации скрытых масс материи могут искажаться изображения далеких галактик и квазаров. Множество таких гравитационных линз уже обнаружено. В настоящее время созданы специальные математические программы, которые обрабатывают изображения источников, искаженных гравитационным линзированием, и позволяют определить количество скрытого вещества в разных направлениях небесной сферы. Разработан проект создания специального телескопа "ДМТ" (телескоп темной



Основные составляющие нашей Вселенной. Рисунок NASA.

материи), с его помощью надеются картографировать все небо и создать карту распределения скрытого вещества. Диаметр зеркала этого телескопа – 8.4 м, поле зрения – 3°. Он будет работать в диапазоне от 0.3 до 1 мкм и регистрировать галактики до 27^м–28^м. Математическая обработка выполненных наблюдений как раз и позволит создать карту распределения скрытого вещества по всему небу.

НАША И БОЛЬШАЯ ВСЕЛЕННЫЕ

Согласно современным моделям нашей области Вселенной, ее возраст составляет 14 ± 1 млрд. лет; считается, что наша Все-

ленная возникла из сверхплотного вещества. Физики-теоретики описывают его в виде скалярного поля, которым заполнена Большая Вселенная. Из-за неустойчивости этого скалярного поля возникают в разные моменты времени отдельные “пузырьки”, и каждый “пузырек” дает начало мини-вселенной. В частности, один из них и дал начало нашей наблюдаемой области. По современным представлениям, Большая Вселенная, бесконечная в пространстве и во времени, состоит из множества таких “пузырьков” разного размера и возраста.

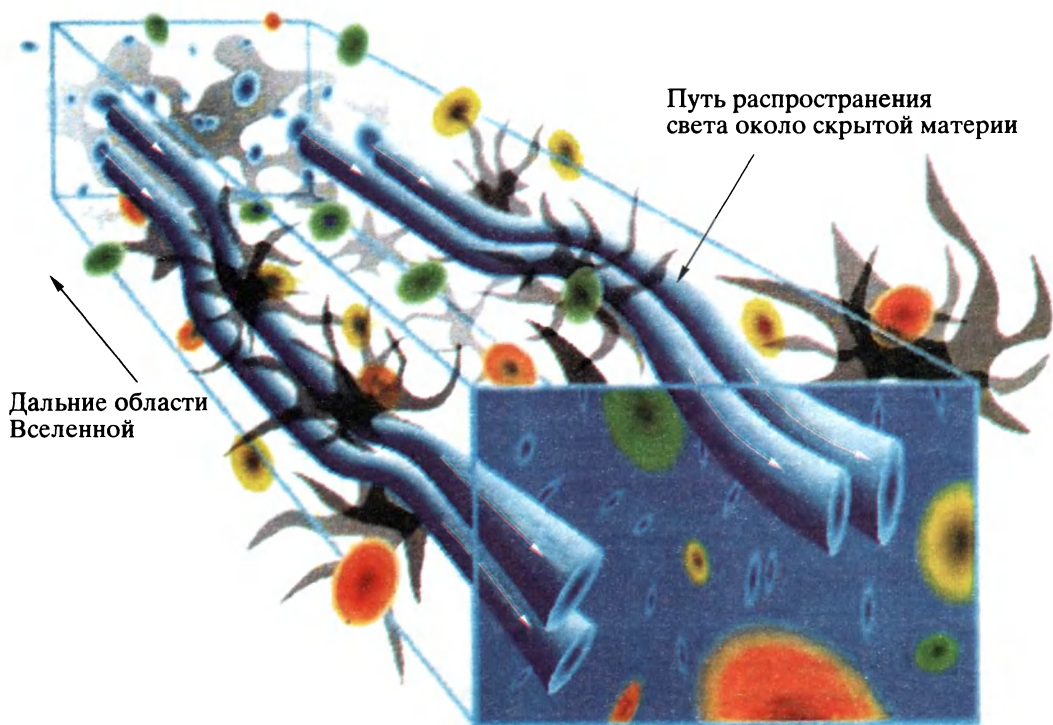
Более сложные предположения, возникшие еще в начале XX в. и сейчас ак-

тивно разрабатываемые, связаны с особенностями топологии пространства.

Предполагается, что “пузырьки” могут быть изначально связаны между собой. Речь идет о “кротовых норах”, другое название – мосты Эйнштейна–Розена.

“КРотовые норы” и “МАШИНА ВРЕМЕНИ”

Первая публикация о сложной топологии пространства на основе общей теории относительности появилась в 1916 г. (Глемм). Сам Эйнштейн вместе с Розеном вернулись к этому вопросу в 1935 г., в связи с бумом по поводу расширения Вселенной. Ими были построены первые модели “кротовых нор”, соединяю-



Воздействие гравитации скрытых масс на распространение света. Рисунок Д. Витмана, Дж. Тайсона.

А как найти входы и выходы “кротовых нор”? Что должны представлять собой эти входы и выходы? Открыт ряд закономерностей, согласно им вход и выход “кротовой норы” должны быть очень похожи на черные дыры. Удаленный от них наблюдатель увидит достаточно массивное тело любой массы. Но оно может проявлять себя совершенно необычным образом. Главное отличие от черной дыры – это отсутствие горизонта событий. Рассмотрим такой мысленный пример: наблюдатель с передатчиком направился к черной дыре и падает на нее. Тогда сигналы от путешественника для внешнего наблюдателя будут ослабевать, длина волны передатчика увеличиваться, а при расстояниях, близких к гравитационному радиусу, сигналы исчезнут совсем. Это и есть горизонт событий черной дыры. На конечном расстоянии от центра черной дыры сигнал полностью исчезнет, и для внешнего наблюдателя путешественник сразу пропадет.

При входе в “кротовую нору” и выходе из нее такого процесса не будет. Расчеты показывают: путешественник с передатчиком окажется видимым “все время”. Электромагнитные сигналы здесь распространяются без всяких ограничений.

Если вещество, из которого сделаны вход и выход “кротовой норы”, похоже на вакуум, то поведение различных тел и излучений около них может быть похоже на поведение объектов под влиянием тела с отрицательной гравитацией. Если между наблюдателем и далекой звездой пройдет горловина “кротовой норы”, то отклонение света этой звезды ожидается в противоположную сторону.

Таким образом, предсказывается возможность наблюдать входы и выходы “кротовых нор” в виде совершенно необычных объектов, среди которых могут оказаться и те, что уже исследуются.

Например, если мы ищем “кротовую нору”, соединяющую две части нашей Вселенной, сильно

разделенные во времени, то сможем у ее выхода наблюдать излучение, которое приходит из ранних стадий ее эволюции. Из тех эпох, когда наша Вселенная была сверхгорячей и когда в ней начали образовываться химические элементы, и даже еще более ранних, когда в ней появились элементарные частицы, из которых состоит весь наблюдаемый нами мир. Это излучение, прошедшее через тоннель, воспринимается нами как необычайно яркий светящийся объект, напоминающий объекты в ядрах галактик. Некоторые объекты, связанные с ядрами галактик, могут оказаться такими совершенно необычными образованиями. Нечто подобное может наблюдаться и в случаях, связанных с разными “пузырьками” Вселенной.

Таким образом, мы приходим к новому и очень сложному представлению о строении Вселенной, открывающему принципиально новую возможность общения с “братьями по разуму”.

Информация

Пересчитаны опасные астероиды

Международной программой LINEAR (Lincoln Near-Earth

Asteroid Research – исследование околоземных астероидов (Линкольна) исполнено три года. За это время наблюдениями было охвачено 375 000 квадратных градусов, что в 9 раз превышает общую площадь небесной сферы. Обнаружено 110 000 астероидов Главного пояса и 675 сближающихся с Землей, т.е. таких, перигелии

орбит которых менее 1.3 а.е. Это позволило подсчитать общее количество опасных объектов. Астероидов, сближающихся с Землей, поперечником от 1 км и больше, оказалось 1227 (в пределах ошибок их может быть на 170 больше или на 90 меньше).

Science, 2001, 294, 1691

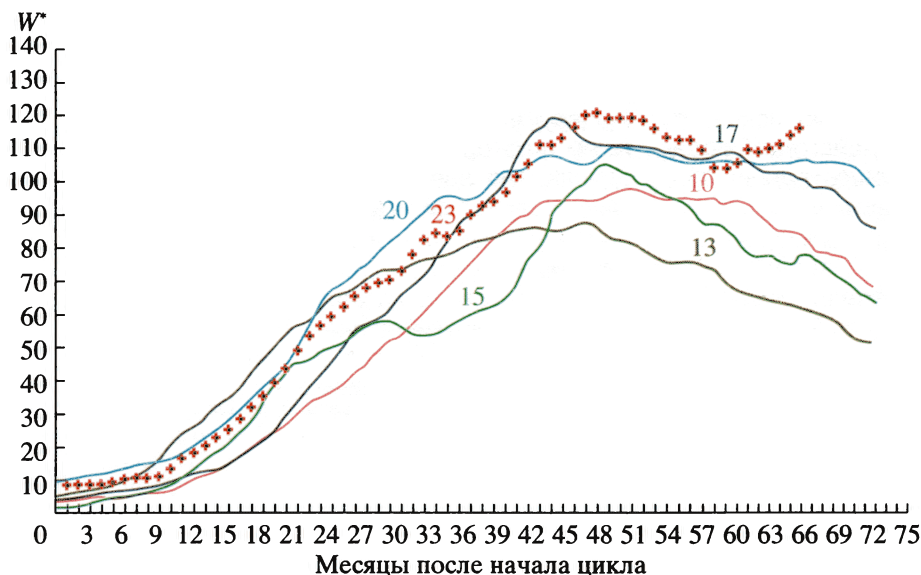
Солнце в феврале–марте 2002 г.

Солнечная активность продолжала падать, и, по всей видимости, в развитии текущего солнечного цикла мы прошли вторичный максимум в сентябре 2001 г. Значения относительного числа солнечных пятен $W_{\text{фев}} = 108.0$ и $W_{\text{март}} = 98.1$. В сглаженных за тринадцать месяцев числах Вольфа этот вторичный максимум, вероятно, будет иметь значение $W^*_{\text{сент}} = 115.8$ (2001 г.), что на 6 единиц меньше основного максимума в апреле 2000 г. ($W^*_{\text{апр}} = 121.8$). Одним из сюрпризов текущего 23-го цикла солнечной активности оказалось, что сглажен-

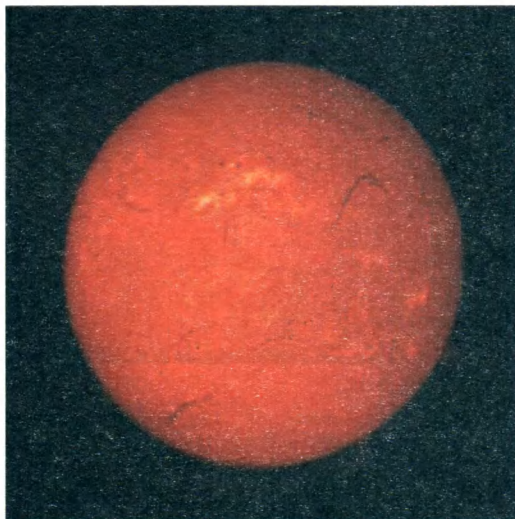
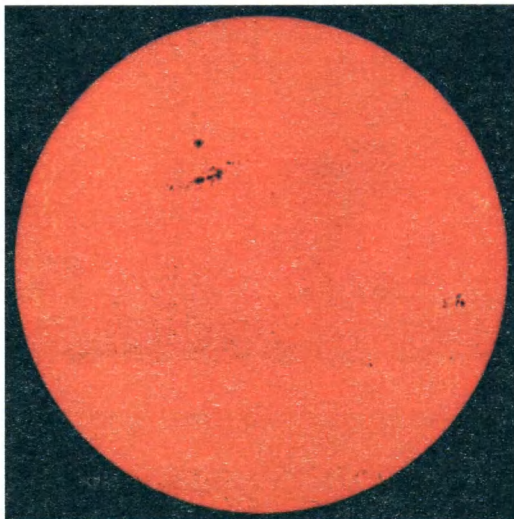
ное значение радиоизлучения на длине волны 10 см ($F^*_{\text{авг}} = 188.8$) во вторичном максимуме превысило значение в максимуме цикла ($F^*_{10\text{см}} = 181$). Обычно вторичный максимум – это максимум явлений и индексов, связанный со вспышечными процессами.

В феврале 2002 г. пятнообразовательная активность Солнца оставалась на высоком для циклов средней величины уровне. Максимальное относительное число пятен наблюдалось 3 февраля ($W = 159$), а минимальное – 19 февраля ($W = 78$). На видимом диске Солнца постоянно наблюдалось от 6 до 16 групп

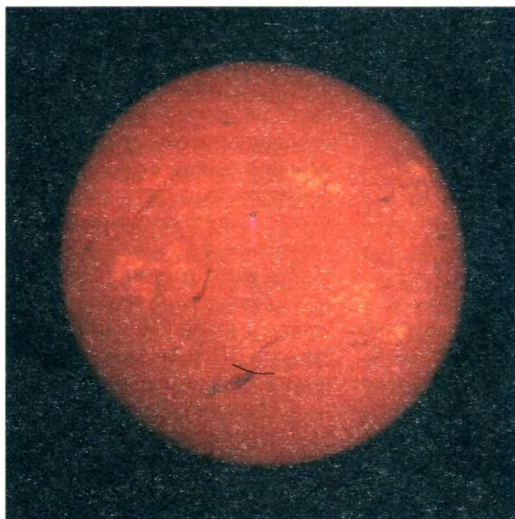
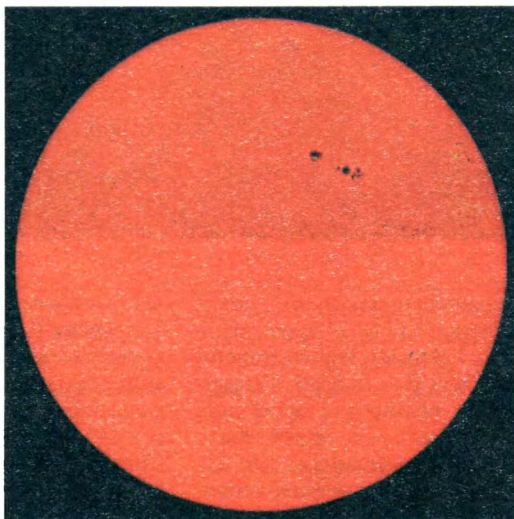
солнечных пятен. Наиболее интересными были три группы солнечных пятен: две в северном и одна в южном полушариях Солнца. Единственная большая вспышка произошла 20 февраля (M5.1/1N) в группе пятен северного полушария Солнца. Так как это случилось недалеко от западного лимба Солнца, возмущение от вспышки прошло мимо Земли, однако в околоземном космическом пространстве 20 февраля было отмечено малое протонное событие. Геомагнитное поле в феврале было спокойным – всего 2 возмущенных дня, магнитных бурь



Ход развития (65 месяцев) текущего 23-го цикла солнечной активности среди циклов подобной величины. W^* – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен.

a*б*

Вид Солнца 14 февраля 2002 г.: а) в самой сильной водородной линии в видимой части спектра H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$), б) в белом свете (в непрерывном спектре).

a*б*

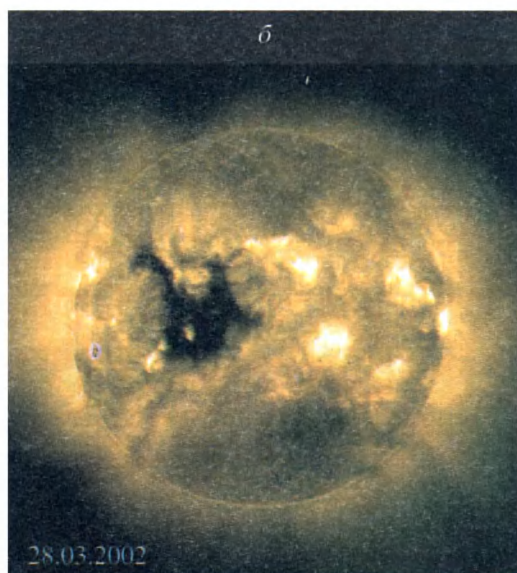
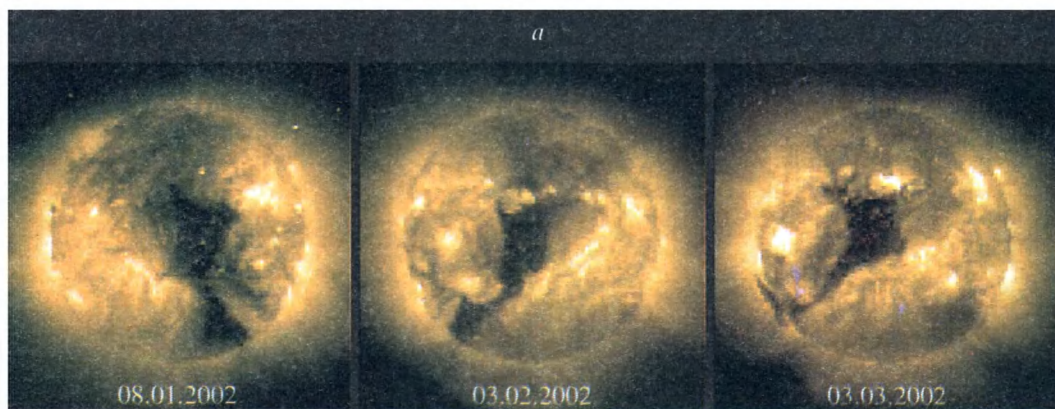
Вид Солнца 3 марта 2002 г. в тех же длинах волн.

не было. Всего за месяц на Солнце осуществилось 19 вспышек больших и средних баллов и 7 выбросов солнечных волокон.

В марте пятнообразовательная активность Солнца несколь-

ко понизилась: наибольшее относительное число пятен наблюдалось 31 марта ($W = 125$), а наименьшее – 9 марта ($W = 74$). Во вспышечном отношении первый месяц весны был спокой-

ным. Единственная большая вспышка (M5.7/2B) произошла в группе южного полушария 14 марта. После прохождения центрального меридиана Солнца эта активная область стала



Большая рекуррентная корональная дыра 2002 г. – 4 солнечных оборота: а) первые три оборота, б) четвертый оборот.

Снимки взяты в сети Интернет со страниц Службы Солнца (www.sec.noaa.gov).

генератором малых протонных событий: с 16 по 24 марта отмечено 3 возрастания протонов с энергией $E > 10$ МэВ. Геомагнитная обстановка оставалась спокойной – в марте было лишь 2 возмущенных дня. 23–24 марта в околоземном косми-

ческом пространстве отмечена умеренная магнитная буря, источником которой стало возмущение от выброса большого солнечного волокна в конце суток 18 марта. Всего за месяц на Солнце произошло 12 вспышек больших и средних баллов и

15 выбросов солнечных волокон.

Наиболее интересное солнечное явление начала 2002 г. – большая корональная дыра, существующая, по крайней мере, уже 4 оборота Солнца. Высокоскоростной поток от этой корональной дыры стал причиной рекуррентных (повторяющихся через 27 суток) геомагнитных возмущений.

Текущее состояние солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно найти в Интернете (<http://www.izmiran.rssi.ru/space/solar/forecast.html>).

Страница обновляется каждый понедельник.

В.Н. ИШКОВ
ИЗМИРАН

Сатурн в инфракрасном свете

После “первого света” адаптивной системы NAOS в комплексе с инфракрасной камерой CONICA (Земля и Вселенная, 2002, № 3), установленной на третьем 8.2-м зеркале “Йе-пун” Очень Большого Телескопа Европейской Южной Обсерватории, инженеры и техники ЕЮО приступили к доводке оборудования для достижения максимального совершенства перед передачей его астрономам.

В ходе этих работ получены снимки Сатурна в двух длинах волн (1.6 и 2.2 мкм) инфракрасного диапазона, наивысшие по разрешающей способности среди снимков, отснятых с поверхности Земли. Были сделаны четыре экспозиции: две по 10 с в первом участке спектра и две по 12 с – во втором, из которых было скомпоновано цветное изображение Сатурна. Съемка выполнена 8 декабря 2001 г., незадолго до летнего солнцестояния в южном полушарии и в момент наибольшего раскрытия колец, что позволило лучше рассмотреть южное полушарие Сатурна. Расстояние



Инфракрасное изображение Сатурна, полученное с помощью Очень Большого Телескопа Европейской Южной Обсерватории. Север – вверху.

до него в этот момент было 1209 млн. км.

Вблизи южного полюса зафиксировано темное пятно поперечником около 300 км. Ранее его наблюдали на обсерватории Пик дю Миди (Франция) в видимом свете.

Кроме того, изображение дает детальную картину колец Сатурна, самую подробную из достигнутых с наземными телескопами. Хорошо различимы внутреннее кольцо С (сравнительно темное), среднее кольцо В (относительно светлое) и наружное кольцо А, а также щели в системе колец: деление Кассини между кольцами А и В, деление Энке, близкое к внешнему краю кольца А, и деление Колумбо в кольце С. Более того, множество узких ко-

лец можно увидеть при столь высоком разрешении (около 0.07"), в частности, внутри кольца С. Их можно сравнить с теми, что обнаружены на снимках “Вояджера”.

Изображение продемонстрировало возможности аппаратуры NAOS-CONICA в наблюдении протяженных объектов.

Отметим, что определенные трудности вызвало движение Сатурна. В качестве гидрируемого объекта для адаптивной оптики был использован спутник Сатурна Тетис, а специальная программа вычисляла параметры движения телескопа с учетом смещений неба, Сатурна и Тетиса.

ESO PR Photos 04a-c/02
31 January 2002

Звезды внутри туманности M16

В созвездии Змеи находится диффузная туманность M16, или туманность Орел. Расстояние до нее довольно большое – 6500 св. лет. Она стала широко известной после того, как в 1995 г. был получен ее снимок с помощью Космического Телескопа им. Хаббла. На нем четко выделялись три “слоновых хобота”. Так называют продолговатые темные газопылевые туманности, видимые на фоне

светлых диффузных туманностей. В таких темных туманностях рождаются звезды. Иногда, если поблизости находятся звезды высокой светимости, края темных туманностей оконтурены узкой яркой полоской. Здесь ионизационный фронт, распространяющийся от ярких звезд, встречает преграду – газопылевое облако. Возникает ударная волна, нагревающая газ, и он начинает ярко светиться. За

“слоновыми хоботами” M16 закрепилось образное название “Столпы творения”.

На снимке КТХ, полученном в оптических лучах, четко видны детали поверхностной структуры темных колонн. Они оказались покрыты множеством небольших темных пятен и выступов размером около 0.5". Их насчитали 73 и назвали “испаряющимися газовыми глобулами”. Лишь в одной или двух различались звезды. Астрономы предположили, что внутри других глобул также должны находиться очень молодые звезды.

За последние 20 лет астрономы неоднократно получали снимки M16 не только в оптическом, но и в инфракрасном и миллиметровом диапазонах. Они обнаружили, что внутри столбов действительно есть молодые звезды, но не смогли заглянуть внутрь глобул. Здесь требовалась инфракрасная техника большой проникающей силы и высокого разрешения.

В апреле–мае 2001 г. астрономы ЕЮО Марк Мак-Каугреан и Мортен Андерсен получили широкоугольные снимки M16 в инфракрасном диапазоне с помощью Очень Большого Телескопа Европейской Южной Обсерватории. Они направили на объект 8.2-м зеркало “Анту”, а в качестве приемника излучения применили инфракрасную камеру ISAAC. Разрешающая способность телескопа составила 0.35". Это уступает достигнутому с адаптивной оптикой – 0.07", но достаточно, чтобы заглянуть внутрь отдельных испаряющихся газовых глобул.

Звезды были обнаружены в 11 из них, и еще в 5 заподозрено их существование. Одни кажутся пустыми, другие настолько плотны, что непрозрачны и для инфракрасного диапазона, как и некоторые части “слоновых хоботов”. Звезды в глобулах менее массивны, чем наше Солнце. Напротив, звезды, расположенные вблизи наконеч-



Газопылевые облака туманности M16. Снимок получен с помощью Космического Телескопа им. Хаббла и широкоугольной планетной камеры и представляет собой наложение трех изображений, сделанных в оптическом диапазоне в линиях дважды ионизованного кислорода OIII, линии водорода H α и ионизованной серы SII.

ников колонн (невидимые на снимке КТХ), массивнее Солнца. Именно их излучение приводит к яркому свечению газовых диффузных туманностей, хорошо заметных на снимках ОБТ. По возрасту эти звезды очень молодые (по астрономическим меркам, конечно). Им около 100 тыс. лет.

Заметим, что колонны занимают лишь небольшую часть всей туманности Орел. Только несколько десятков звезд находятся в них в процессе формирования. Всего же в туманности насчитывается несколько тысяч звезд, и, по крайней мере, тысяча принадлежит звездному скоплению NGC 6611. Именно молодые массивные звезды этого скопления и заставили ярко светиться ободки по контуру “Столпов творения”.

Сообщение об этих наблюдениях в пресс-релизе ЕЮО заканчивается на лирической ноте: “Марк Мак-Каугреан посвящает эти изображения туманности Орел своей собственной новорожденной звезде, Финн, появившейся на свет в Берлине 1 декабря 2001 г., когда его отец работал в Чили над снимками Орла, а также Сибилле и Катрione, другим звездам его семейного скопления!”

ESO PR Photos 37a-e/01
20 December 2001



Часть туманности M16, включающая газопылевые облака. Снимок получен с помощью Очень Большого Телескопа Европейской Южной Обсерватории. Это композиция изображений, сделанных в трех длинах волн инфракрасного диапазона: 1.24, 1.65 и 2.12 мкм. При составлении цветного изображения первому дан голубой цвет, второму – зеленый, третьему – красный. На этом снимке намного больше звезд, а газопылевые облака на нем значительно меньше по размерам, чем на предыдущем.

Информация

Инфракрасный портрет M83

Оптические наблюдения галактик дают информацию о

распределении в них молодых ярких звезд, связанных с областями недавнего звездообразования. Но подлинное распределение материи в галактике остается неизвестным. Между тем его знание может помочь в ответе на многие вопросы, в частности, почему и как появляются спиральные ветви в галактиках с перемычкой (баром). Здесь и

пригодятся наблюдения в инфракрасном диапазоне.

Группа шведских астрономов провела такие наблюдения относительно близкой к нам спиральной галактики с баром M83 (созвездие Гидры, расстояние 12 млн. св. лет) на Европейской Южной Обсерватории (Земля и Вселенная, 2000, № 2). Галактика M83 известна как



место активного звездообразования. В прошлом веке в ней зафиксировано шесть сверхновых.

Получены снимки галактики при трех длинах волн – 2.2, 1.2 и 0.8 мкм. Первые два получены с помощью 3.5-м Телескопа Новых Технологий, третий – 1.54-м датского телескопа. Оба установлены на горе Ла Силья в Чили. Из снимков скомпоновано цветное изобра-

жение в условных цветах. Пылевые волокна на нем следуют лидирующему (переднему по вращению) краю бара. Видно также, что галактика направлена к нам верхним правым краем, а спирали “закручиваются” при вращении.

ESO Press Photos 32a-b/01
29 November 2001

Спиральная галактика M83 (созвездие Гидры). Снимок – комбинация изображений, полученных в инфракрасном диапазоне при длинах волн 2.2, 1.2 (3.5-м телескоп) и 0.8 (1.54-м телескоп) мкм. Поле зрения 9.2' × 8.9', что на расстоянии галактики (12 млн. св. лет) соответствует линейному размеру 32000 св. лет. Изображения получены на Европейской Южной Обсерватории на горе Ла Силья в Чили.

Перспективные космические транспортные системы

С. В. ВОЛОДИН,
кандидат технических наук
Центральный аэрогидродинамический институт
им. Н.Е. Жуковского

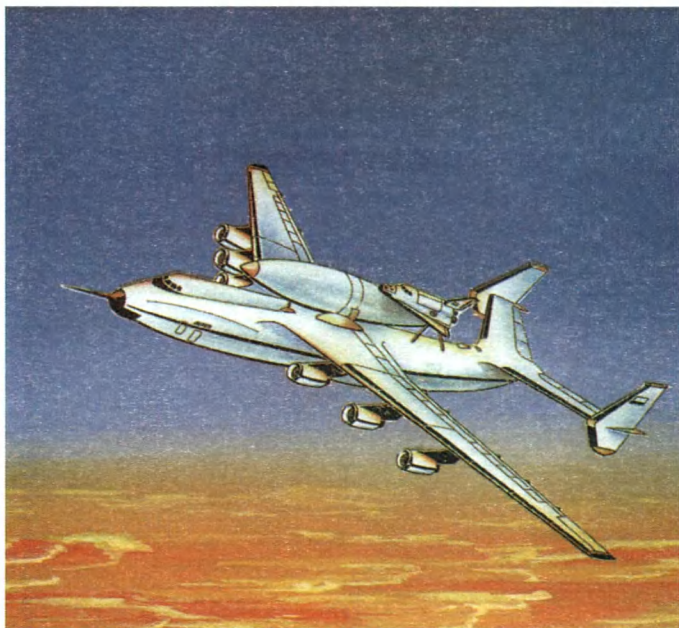
Одно из приоритетных направлений развития рынка космических услуг – совершенствование перспективных ракет-носителей, или космических транспортных систем выведения (СВ). При этом возникает ряд проблем, среди которых можно выделить следующие: обоснование технических требований к СВ, оценка реализуемости и экономических показателей, разработка альтернативных сценариев применения и жизненного цикла СВ.

При проектировании эффективных СВ используются достижения авиационной и ракетной технологий. Практически во всех проектах перспек-



тивных СВ в той или иной мере предусмотрено использование атмосферы в процессе выведения космических аппаратов на орбиту или возвращения с нее. Прежде всего, это связано с применением

крыла для спуска и посадки на обычные аэродромы. Такое техническое решение уже более 20 лет используется в полетах МТКК (многооборотный транспортный космический корабль) “Спейс Шаттл”. В то же время подобные СВ, как и наша “Энергия” – “Буран”, имеют характерный для обычных ракет-носителей вертикальный старт. В наиболее разработанных проектах конструкторская мысль идет гораздо дальше: применение крыла для горизонтального старта и воздушно-реактивных двигателей для выведения КА на орбиту. Рассмотрим некоторые аспекты создания таких систем.



Проект многоразовой авиационно-космической системы "МАКС", разработанный в НПО "Молния". Вверху – орбитальный самолет с внешним топливным баком, внизу – самолет-носитель Ан-225. Рисунок НПО "Молния".

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ КРЫЛАТЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Идею создания **крылатого ракетного летательного аппарата** выдвинули в 1920–30-х гг. отечественные (К.Э. Циолковский, Ф.А. Цандер, С.П. Королёв) и зарубежные пионеры ракетной техники и космонавтики. К этому же времени относятся первые полеты на ракетных планерах (пилот Ф. Штаммер на аппарате с твердотопливными ракетными двигателями конструкции А. Липпиша, Германия, 1928).

Первые специализированные **ракетные самолеты** с жидкостными ракетными двигателями (ЖРД) были созданы в Германии (опытный He-176 и истребитель-перехватчик Me-163) и в СССР (истребитель-перехватчик БИ-1) в 1939–1942 гг. В 1944 г. немецкие инженеры Е. Зенгер и

И. Бредт разработали проект межконтинентального бомбардировщика, летающего по волнообразным траекториям с отражением от плотных слоев атмосферы.

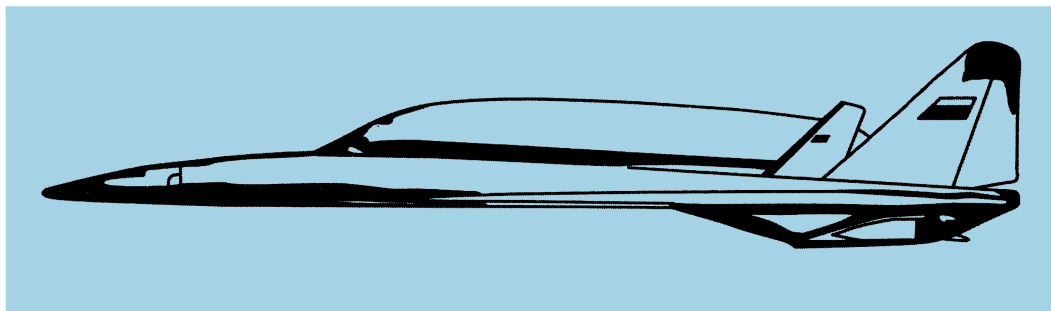
В октябре 1947 г. на американских **ракетопланах** фирмы Белл "Х-1" преодолен звуковой барьер (пилот Ч. Йегер), а впоследствии были достигнуты скорости в 2–3 раза больше звуковой (1951–56 гг.). В 1940–50 гг. на многих экспериментальных летательных аппаратах применялись комбинированные двигательные установки (КДУ), состоящие из турбореактивных (ТРД) и ракетных двигателей. Подобный аппарат D-558-II "Skyrocket" (США) со взлетным ТРД и маршевым ЖРД в 1953 г. впервые в 2 раза превысил скорость звука (2120 км/ч). Самолет Е-50 ОКБ А.И. Микояна также имел КДУ, но ЖРД играл в ней вспомога-

тельную роль, работая совместно с ТРД. В 1957 г. его скорость составляла уже 2460 км/ч.

Американские ракетопланы с ЖРД сыграли значительную роль в достижении больших скоростей полета. В 1950-х гг. был создан экспериментальный гиперзвуковой ракетоплан "North-American X-15", запущенный с самолета-носителя В-52. На нем установлены абсолютные рекорды: скорости – почти в 7 раз выше скорости звука (3 октября 1967 г., пилот У. Найт) и высоты полета – 107,3 км (22 августа 1963 г., пилот Дж. Уокер).

С **крылатыми СВ** тесно связаны работы в 1960–1970 гг. по исследовательским программам "Х-20" (Дайна Сор), "ASSET", "START" и "БОР". Эти исследования нашли применение при формировании облика крылатых СВ "Спейс Шаттл" и "Энергия-Буран" (Земля и Вселенная, 1989, № 2; 1997, № 2; 1999, № 2).

В 1960–90-х гг. разработан ряд проектов отечественных и зарубежных крылатых систем выведения: работы НИИТП, ЦАГИ, ЦИАМ, ПНИТИ, ОКБ им. В.М. Мясищева, система "Спираль", ракетоплан НПО "Энергия", многоразовые космические ракетопланы ЦНИИМАШ,



МиГ-2000, "HOTOL", RLV, "Hermes" и др. (Земля и Вселенная, 1991, № 3). Остановимся подробнее на современных проектах крылатых СВ с горизонтальными стартом и посадкой.

С начала 1980-х гг. под руководством Г.Е. Лозино-Лозинского в НПО "Молния" разрабатывался проект двухступенчатой многоразовой авиационно-космической системы "МАКС" (Земля и Вселенная, 2001, № 3). В качестве первой ступени предусмотрено применение дозвукового самолета-носителя Ан-225 "Мрия" с силовой установкой из 6 двухконтурных ТРД Д-18 Т. Вторая ступень "МАКС", представляющая собой орбитальную ступень с внешним топливным баком, устанавливается на Ан-225. Особенностью второй ступени является применение трехкомпонентного топлива (керосин-водород-кислород), что существенно снижает объем, массу и стоимость внешнего бака. Полезная нагрузка составляет 8.3 т при взлет-

Российский проект многоразовой космической транспортной системы "МиГ-АКС" с гиперзвуковым самолетом-разгонщиком в качестве первой ступени. 1990-е гг. Рисунок НПО "Молния".



Проект КБ им. А.Н. Туполева одноступенчатого воздушно-космического самолета с горизонтальным взлетом и посадкой. 1990-е гг. Рисунок КБ им. А.Н. Туполева.



ной массе системы 620 т. В 1978 г. в США разработан аналогичный проект "ALSV", в котором предполагался в качестве носителя более легкий Boeing-747.

Увеличение скорости полета первой ступени позволяет резко снизить требования к энергетике второй. В российском проекте "МиГAKC" этот принцип осуществляется с помощью гиперзвукового самолета-разгонщика (ГСР) с турбопрямоточными двигателями, работающими до числа $M=6$. В состав силовой установки ГСР входят турбореактивные двухконтурные форсажные двигатели Д-102 К с керосиновой основной и водородной форсажной камерами сгорания, а также прямоточ-

ные воздушные ракетные двигатели (ПВРД). Вторая ступень представляет собой орбитальную ступень с внутренним размещением топлива и не нуждается во внешнем баке. На ней установлен однокамерный водородно-кислородный ЖРД. При взлетной массе системы 420 т полезная нагрузка – 10 т. Близкие характеристики имел проект "Зенгер-2" (Германия, 1988 г.).

Одноступенчатый воздушно-космический самолет КБ им. А.Н. Туполева **Ту-2000** (начало 1990-х гг.) – наиболее перспективный и в то же время проблематичный из проектов крылатых систем выведения. Силовая установка состоит из турбореактивного форсажного двигателя Д-103,

Американский экспериментальный ракетный самолет X-30. 1990 г. Фото NASA.

гиперзвукового прямоточного воздушного ракетного двигателя (ГПВРД) и ЖРД. Проведенные исследования пока не дают однозначного ответа о возможности его реализации. Главными проблемами остаются неопределенность высокоскоростных характеристик ГПВРД и масса конструкции из-за дефицита экспериментальных данных. Наиболее близка к Ту-2000 концепция X-30 (США, 1990 г.), разработанного в рамках программы "NASP".

Разработки таких СВ связаны с большим техни-

ческим риском и затратами, которые можно снизить, увеличив круг решаемых ими задач. Например, на базе одноступенчатой воздушно-космической системы возможно создание **гиперзвукового самолета** с максимальной скоростью меньше первой космической. В этом случае допустимы некоторое утяжеление конструкции и снижение запасов топлива. Расчеты показывают, что такой аппарат с силовой установкой, включающей ГПВРД, при оптимальной крейсерской скорости, в 8 раз превышающей звуковую, может иметь дальность полета 13,3 тыс. км.

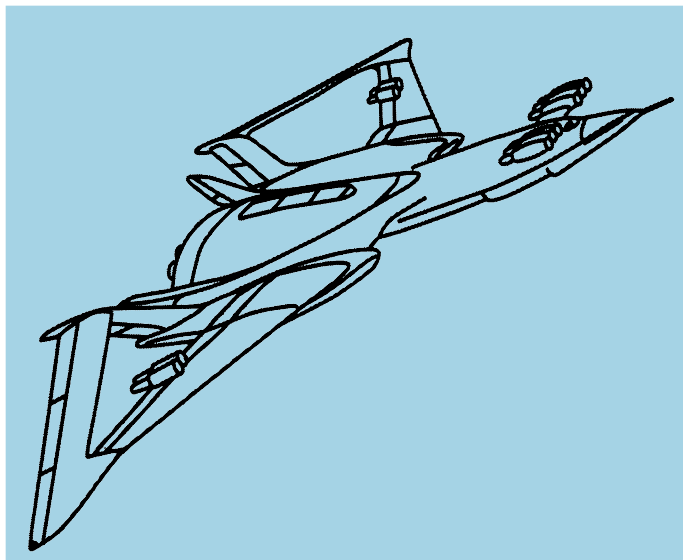
Одной из актуальнейших задач для подобного аппарата является оперативный региональный и глобальный **экологический мониторинг**. Ведущиеся в этом направлении исследования охватывают комбинации крылатых и баллистических систем, которые смогут контролировать состояние: тропосферы и озонного слоя; нижних слоев атмосферы (газопылевые примеси); гидросферы (волнение океана, стоки, загрязнения, планктон); поверхности Земли (растительность, почва, радиоактивный фон); всех трех сред при стихийных бедствиях и техногенных катастрофах (извержения вулканов, землетрясения, цунами, взрывы и пожары на производстве, транспорте).



Задачи экологического мониторинга – получить информацию в заданном районе обзора средствами спектрально-аналитических, фото- и электронно-оптических систем, радиолокационного комплекса, аппаратуры дистанционного и непосредственного зондирования атмосферы. Сюда входит также изучение состояния гидросферы, оказание помощи в удаленных труднодоступных районах Земли. Для оперативного мониторинга или спасения людей на любых расстояниях требуются гиперзву-

ковые и суборбитальные системы, обладающие достаточно большими скоростями. Наиболее эффективны комбинации крылатых и баллистических систем мониторинга ввиду их высокой точности, периодичности и оперативности получения информации.

В концепциях перспективных средств выведения космических аппаратов рассматриваются разные типы старта – с наземных, морских и воздушных комплексов. Одним из вариантов многократной транспортной космической сис-



Российский проект двухступенчатой космической транспортной системы с первой ступенью в виде экраноплана. Конец 1990-х гг. Рисунок автора.

темы может быть использование в качестве первой ступени экраноплана морского базирования. Второй – орбитального самолета с ЖРД.

В последние годы в странах с протяженными морскими границами (Россия и Япония) возник интерес к космической транспортной системе с первой ступенью в виде экраноплана. Это направление основано на использовании техники судостроения и амфибийных транспортных систем с экраным эффектом при полете вблизи водной или земной поверхности. Такая система при старте с акватории рассматривается в широком интервале взлетных масс – до 1800–2500 т, что намного больше, чем у сухопутных самолетов в обозримом будущем. Благодаря этому практически снимается ограничение на стартовую массу орбитальной ступени, и нагрузка может быть увеличена до уровня систем выведения с верти-

кальным стартом (массы КА 20–24 т). При использовании дозаправки с судов морского флота расширяется область возможных начальных координат пуска орбитального самолета и уменьшается минимальное наклонение его орбиты. В связи с применением в качестве подвижной стартовой платформы для запуска в космос определенного интерес вызывает также создание сверхтяжелого многоцелевого экраноплана для выполнения народнохозяйственных задач по транспортировке крупногабаритных грузов. Разработка подобной системы соответствует наметившейся тенденции к использованию запуска космических аппаратов с акватории мирового океана (проекты “Морской старт”, “Океан”, “Прибой”).

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

Основная проблема формирования техниче-

ских требований состоит в том, что очень трудно с высокой достоверностью прогнозировать будущие **грузопотоки** на орбиты искусственных спутников Земли. Главным просчетом в прошлом являлся чрезмерный оптимизм в оценке темпов роста космической деятельности. Он был связан как с отвлечением усилий на решение неотложных глобальных проблем цивилизации, так и с недооценкой трудностей, связанных с внедрением новых технологий (создание эффективных конструкций, работающих в широком диапазоне полетных условий, а также двигателей дальней перспективы). Все это привело к завышению на порядок прогнозируемой величины грузопотоков по сравнению с реальной.

Оказались также преувеличенными представления о рациональной размерности “кванта” (неделимой части) полезной нагрузки и частоте пусков СВ. Так, технической возможности увеличить **массу КА** в одном пуске противостоит тенденция к миниатюризации космических аппаратов различного назначения даже в случае расширения круга решаемых ими задач. В результате в течение последних десятилетий практически стабилизировалась макси-

мальная полезная нагрузка ракет-носителей, а проекты более тяжелых СВ оказались пока неостребованными.

Кроме того, стабилизировалась **частота запусков** КА, которую определяет существующая сеть космодромов. Число запусков будет постепенно увеличиваться, но этот прирост станет менее интенсивным, т.к. все труднее решаются вопросы отчуждения земель под стартовые сооружения и зоны падения отработанных ступеней РН. И хотя в космическую деятельность вовлекаются новые государства, их вклад в общую картину не так велик, как у лидеров освоения космоса. Правда, существует тенденция запусков СВ из различных сред (воздушный, морской, подводный старты), но ужесточение экологических требований и влияние правовых вопросов могут привести к введению лицензирования и квот.

В то же время мировая космонавтика продолжает **активизироваться**. Возрастают требования к разноплановости решаемых задач, к качеству услуг, надежности и экономичности космической техники и инфраструктуры. В настоящее время предложение на рынке запусков КА превышает спрос в несколько раз, что сильно тормозит разработки новых СВ и заставляет ограничиваться модернизацией существующих. Каждый раз, когда обостряются проблемы финансирования, судьба перспективных СВ решает-ся не в их пользу.

Каким образом все это скажется на облике будущих СВ? В первую очередь, это зависит от степени их **многообразности**. Анализ показывает, что применение многообразных транспортных космических систем может быть рентабельным при интенсивных грузопотоках (запуск космических аппаратов общей массой несколько тысяч тонн в год, что проблематично) и при возвращении КА на Землю (повторном их использовании).

УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

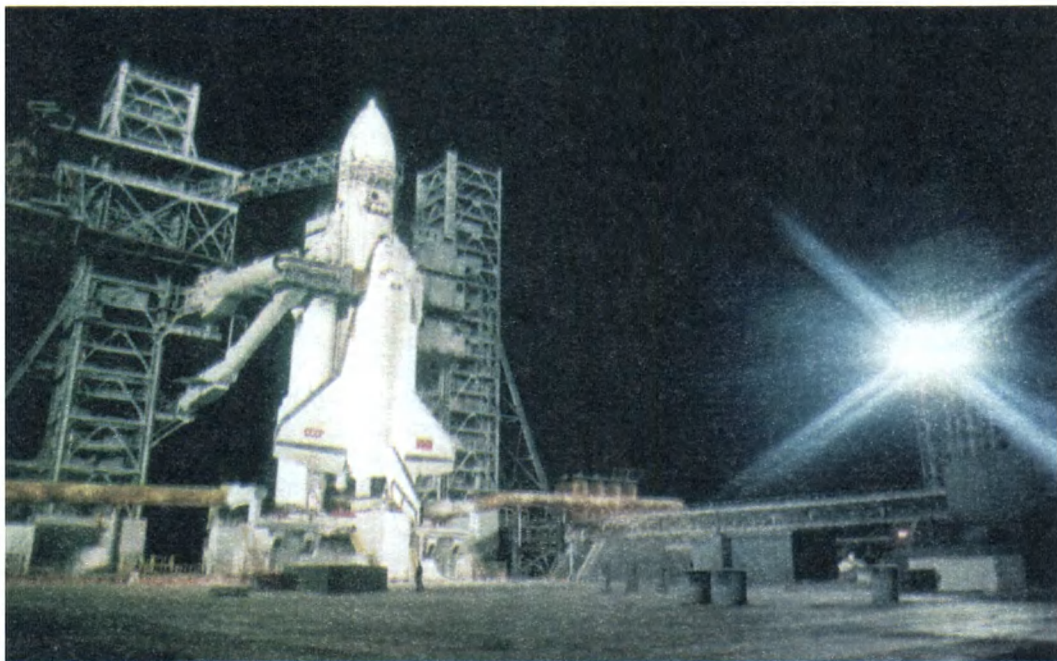
В настоящее время имеются десятки проектов **многообразных транспортных космических систем** (МТКС) на разной стадии разработки. Важнейшие направления их совершенствования: повышение надежности и экологичности, снижение удельной стоимости выведения, повышение многообразности и уменьшение числа ступеней РН, интеграция планера с двигателем, снижение сухой массы РН, повышение экономичности двигателей, сокращение сроков межполетной подготовки за счет упрощения наземного обслуживания.

В последние десятилетия предложены следующие научно-технические разработки: компоновки типа “несущий корпус”, новые конструктивно-силовые схемы и конструкционно-теплозащитные материалы, перспективные двигатели, в т.ч. гиперзвуковые ВРД и ЖРД нетрадицион-

ных схем, высокоэнергетические многокомпонентные топлива, включающие углеводородные и криогенные составляющие с применением глубокого переохлаждения, многофункциональные системы управления и навигации, семейства экспериментальных аппаратов для тематических летных исследований.

Характерная особенность **траекторий полета** СВ – преобладание участка гиперзвукового полета, когда подъемная сила фюзеляжа может быть больше, чем у крыла. Такой фюзеляж выгодно выполнять как “несущий корпус” с сечением в виде сегмента окружности, овала или иных кривых с отношением ширины к высоте примерно 2:3. Плоское днище корпуса СВ повышает его несущие свойства и позволяет уменьшить необходимую площадь тонкого крыла, которое почти не имеет полезных объемов. Сложная форма поперечных сечений, которые обычно также не являются геометрически подобными, заставляет устанавливать баки на основе пересекающихся обечаек и днищ (“сиамские” баки). Технология изготовления таких баков, особенно из композиционных материалов, очень сложна, и производство их еще не освоено промышленностью.

Компоновки в виде “несущего корпуса” отвечают требованиям интеграции планера с двигателем, поскольку в них легко решаются вопросы размещения мотогондолы воздушно-реактивных двигателей, в



том числе и комбинированных, состоящих из газотурбинных и прямоточных. Носовая часть корпуса в интегральных компоновках играет роль воздухозаборника с внешним сжатием потока, а хвостовая — сопла с внешним расширением.

Поскольку полет МТКС на этапе выведения и на спуске происходит в широком диапазоне скоростей, силовые и моментные характеристики аппарата сильно изменяются как по величине, так и по знаку. Это связано с различными физико-химическими процессами при обтекании корпуса аппарата воздухом и с реализацией различных законов управления полетом. Отсутствие явного преобладания какого-либо режима приводит к трудностям с балансировкой и управлением в некоторых диапазонах полета.

В этом случае необходимо обращаться к адаптивным компоновкам, в которых могут присутствовать нетрадиционные органы управления движением, объединенные к тому же с двигательной установкой.

Вообще **компоновка** таких систем в наименьшей степени поддается формализации и поэтому на начальном этапе проектирования с трудом может быть автоматизирована. Ее эффективность можно оценивать различными методами и с разных позиций. Наиболее употребительными являются расчетный и экспертный методы. Расчетный метод применим, когда алгоритм компоновки легко формализовать. Он также продуктивен при оценке частных особенностей компоновки: объемной эффективности, плотности компоновки и т.д. Эти критерии не однозначны и не

Многоразовая воздушно-космическая система "Энергия" — "Буран" на стартовом комплексе космодрома Байконур. 1988 г. Фото РКК "Энергия".

исчерпывающи. Так, мероприятия, улучшающие аэродинамические характеристики, увеличивают сухую массу. А улучшение аэродинамики не является самоцелью. Для спускаемого аппарата масса топлива не связана с его аэродинамикой, на которую к тому же трудно повлиять (геометрия корпуса определяется размерами КА). Но для этих систем при горизонтальном старте аэродинамика является критичным фактором.

Для получения обобщенных критериев эффективности нередко применяются интегральные математические зависимости, включающие систему па-

раметров с назначенными весовыми коэффициентами. Однако весовые коэффициенты назначаются экспертами, поэтому такой метод можно считать разновидностью экспертного метода оценки. Экспертная оценка эффективности – более гибкая по сравнению с расчетной и наиболее применима для получения качественных выводов путем сравнения с ближайшими аналогами при получении оценки. Она позволяет учесть текущие изменения логики проектирования, но более субъективна.

Наиболее действенно сочетание **экспертных и расчетных методов**, причем по мере завершения проектирования аппарата роль расчетных методов возрастает. На начальных этапах наиболее значима роль экспертов в области двигательных установок, поскольку их усилия определяют будущую концепцию многообразных систем. Оптимизация схемы аппарата усиливает роль специалистов по аэротермодинамике и прочности.

Специфика таких систем связана с внедрением новых **конструктивно-силовых схем**. Главной особенностью является большой перепад температур (от 15–50 К до 1300–2300 К) на очень малой толщине пакета конструкции и теплозащиты (от единиц до десятков сантиметров). Наличие температурных напряжений и деформаций приводит к необходимости применения ферменных и гофрированных конструкций. Большой градиент

температур по длине аппарата, местные пики тепловых потоков (при переходе ламинарного пограничного слоя в турбулентный, во взаимодействии ударных волн с передними кромками) требуют применения конструкционно-теплозащитных материалов широкого спектра. Помимо пассивной плиточной теплозащиты на основе микрокварцевых волокон (КК “Спейс Шаттл” и “Энергия”–“Буран”) в проектах будущих систем рассматриваются жаропрочные и жаростойкие сплавы на основе никеля и ниобия, дисперсно-упрочненные сплавы, интерметаллические соединения, композиционные материалы на основе углерода и кремния.

Широкий диапазон полетных условий МТКС заставляет рассматривать различные **комбинации двигателей** – газотурбинных, прямоточных и ракетных. Наиболее сложные и интересные проблемы решаются в проектах с прямоточными и ракетно-прямоточными двигателями со сверхзвуковым горением. Исследуются и ЖРД нетрадиционных схем – линейные, двухтопливные и их комбинации. Обычно не возникает вопросов в отношении применяемого окислителя (жидкий кислород). Более проблематичен выбор горючего (оптимизируется его состав – соотношение между углеводородом и водородом, агрегатное состояние – жидкий или шугообразный водород).

Испытания МТКС не могут быть проведены только на наземных уста-

новках. Возникает необходимость в уменьшенных экспериментальных аппаратах для летных исследований. При опережающих разработках могут использоваться беспилотные тематические аппараты (отработка частных вопросов аэрогазодинамики, концепций двигателей, новых типов теплозащиты). В ходе работ требуется объединить результаты и отработать аналог будущей системы. В этом случае более применимы объективные экспериментальные аппараты, которые имеют большие размеры, решают комплекс задач и могут быть пилотируемыми.

Однако вопросы создания экспериментальных аппаратов всегда увязываются с их высокой стоимостью. Обсуждается возможность применения их в качестве целевых на отдельных этапах программы, что могло бы повысить их рентабельность. Имеются предложения по использованию аэробаллистических систем на основе РН и планирующих аппаратов, способных выполнять оперативный экологический мониторинг, помогать в районах природных и техногенных катастроф. Создание таких аэробаллистических систем позволит с относительно небольшими затратами поддержать технологический уровень, необходимый для создания будущих многообразных систем, поскольку экспериментальные и рабочие аппараты имеют сходные режимы полета и конструктивно-компоновочные решения.

Такой большой объем работ может реализоваться только при выполнении комплекса скоординированных на государственном уровне научных и прикладных исследований, объединенных в единую национальную программу.

Итак, существует несколько основных барьеров, препятствующих развитию МТКС: **финансовый** – очень велики первоначальные вложения в проекты систем, требуется длительное и рискованное отвлечение ресурсов; **маркетинговый** – не опреде-

лено позиционирование на рынке космических услуг с точки зрения учета их специфических свойств и перспектив развития; **конструктивно-технологический** – отсутствует ряд технологий, обеспечивающих необходимые летно-технические характеристики, надежность и безопасность.

Эти барьеры не означают порочность концепции многоазовых систем, а вызваны объективным состоянием данного транспортного средства на начальном этапе развития. В свое время неэффективными были паровоз, авто-

мобиль и самолет. Пассажирские самолеты стали самокупаемыми намного позже первых полетов аэроплана братьев Райт. Не поддаются экономическим оценкам оборонные аспекты. МТКС можно рассматривать и как способ совершенствования СВ и транспортных операций. Наконец, никто не отменял понятия государственного престижа. Поэтому нет никакого сомнения, что развитые страны в будущем успешно решат проблемы создания нового средства выведения космических аппаратов.

Информация

Подтверждение открытия льда на Марсе

Громадное количество замерзшей воды обнаружено неглубоко под поверхностью Марса 28 мая 2002 г. Эта находка, безусловно, – одно из самых важных открытий в планетологии. Данные о запасах льда переданы с помощью АМС “Марс Одиссей” (Земля и Вселенная, 2001, № 5; 2002, № 4), которая исследует Марс с февраля 2002 г. Приборы подтвердили уже имеющуюся информацию о том, что на Марсе есть много льда. Еще в 1998 г. рельеф поверхности Северной полярной области

исследовался с помощью высокотомера АМС “Марс Глоубэл Сервейер” (Земля и Вселенная, 1999, № 4), и тогда на Марсе впервые был обнаружен лед.

Подтверждение о наличии воды позволяет надеяться на то, что в будущем на Марс отправятся пилотируемые экспедиции, цель которых – ответить на давний вопрос: может ли существовать на планете жизнь? Полагают, что данное открытие позволит NASA планировать экспедицию на Марс в ближайшие 20 лет. Официально об этом заявили представители агентства, затем будет опубликован полный отчет о результатах исследований. Вероятно, тогда появится ответ на вопрос, не дававший покоя ученым на протяжении многих десятилетий. Есть много свидетельств того, что в прошлом на Марсе было много воды, но не ясно: куда она делась? Похоже, она скрывается в реголите – поверх-

ностном слое неплотной каменно-пыльной породы планеты в виде льда. “Марс Одиссей” прислал подробные данные о структуре марсианской поверхности. Напомним, что аппарат оборудован созданным российскими учеными из Института космических исследований РАН гамма-лучевым спектрометром “Hand”, который недавно провел измерения, свидетельствующие, что на глубине 1–3 м под поверхностью есть водород. Планетологи убеждены в том, что водород присутствует в кристаллах водного льда. Запасы льда находятся близко к поверхности Марса выше 60° южной широты. Предполагается, что лед может находиться и в Северном полушарии, однако пока нельзя это проверить из-за продолжающейся в настоящее время марсианской зимы.

По материалам NASA

Пятое состояние вещества?

Когда люди старшего поколения были школьниками, им объясняли на уроках физики, что вещество может находиться в трех агрегатных состояниях – твердом, жидком и газообразном. Классический пример – лед, вода, пар. Заглянув в учебник физики своих детей и внуков, ветераны обнаружили, что есть еще одно агрегатное состояние – плазма. Она и по сей день воспринимается как некая добавка к трем основным состояниям вещества. На самом деле именно плазму можно назвать основным состоянием вещества во Вселенной. Ведь звезды – раскаленные плазменные шары, в плазменном состоянии находится подавляющая часть вещества в межзвездном и межгалактическом пространстве, оно, конечно, есть во внешних слоях планетных атмосфер и кометных хвостах. Иными словами: современная астрономическая картина мира просто немыслима без представления о плазме. Правда, все это относится к наблюдаемой нами Вселенной, которая, похоже, содержит лишь несколько процентов массы от “всей Вселенной”. О природе невидимых гигантских масс вещества придумывают разные, порой весьма экзотические, гипотезы. Несколько из них перечислены в очень интересной статье академика Н.С. Кардашева, опубликованной в данном номере “Земли и Вселенной” (с. 9). Полвека назад, когда мы с Н.С. Кардашевым были члена-

ми незабываемого кружка при Московском планетарии¹, мы вряд ли думали, что вскоре плазму будут считать преобладающим агрегатным состоянием вещества во Вселенной. Фантазируя, можно предположить, что не исключено существование какого-нибудь “пятого состояния”, которое незаметно для нас играет определенную роль в эволюции и существовании Вселенной. Мысль об этом возникает в связи с недавним открытием “квантовой жидкости” – конденсата Бозе–Эйнштейна. За открытие пятого агрегатного состояния вещества (!) Нобелевскую премию по физике получили в конце 2001 г. Эрик Корнелл (США), Карл Виман (США), Вольфганг Кеттерле (Германия). Задолго до решения Нобелевского комитета научная общественность отнесла это открытие к числу выдающихся. Впрочем, отношение физиков было неоднозначным. Помню, что еще в начале 2001 г., когда я приглашал наших известных физиков рассказать о сути этого открытия на страницах “Земли и Вселенной”, особенного энтузиазма замечено не было... Подобный скепсис объясним и не нов. Рождение идеи о “пятом состоянии” (“суператоме”, как его потом стали называть и свойства которого противоположны плазме), восходит к работам Бозе и Эйнштейна середины 1920-х гг. Даже Макс Планк отрицал возможность существования “конденсата Бозе–Эйнштейна”, в котором вопреки квантовой ме-

ханике многие атомы могли одновременно находиться в одном и том же квантовом состоянии (множество элементарных частиц ведет себя подобно единому целому). Да и само название “конденсат” условно. Оно фиксирует некоторую аналогию с конденсацией молекул пара при охлаждении, но в случае “пятого состояния” конденсация возникает в “пространстве импульсов”, одной из разновидностей виртуального пространства. Открытие сверхтекучести гелия (Капица, 1938 г.), теоретическое объяснение свойств квантовой жидкости (Ландау, 1941 г.), эксперименты (с 1995 г.) по конденсации при температурах близких к абсолютному нулю атомов рубидия, водорода, лития и натрия можно назвать ступеньками лестницы, последними из которых стали эксперименты новых Нобелевских лауреатов. Они не только получили в стеклянном сосуде нечто подобное “суператому”, но и открыли ряд его необычных свойств (миниатурные взрывы, напоминающие в микроварианте вспышки сверхновых, “испарения” конденсата и т.д.). Специалисты, комментируя присуждение Нобелевской премии за 2001 г., подчеркивают, что оно может оказать огромное влияние на развитие физики низких температур, космологии и будет иметь множество технологических приложений (создание совершенно новых лазеров, получение материалов с самыми необычными свойствами, создание новейших компьютеров и, вероятно, такого оружия, как “пучковое”).

Время покажет, в какой степени оправдаются подобные ожидания и, что особенно важно для космологов, поможет ли “пятое состояние” продвинуться в понимании фундаментальных проблем мироздания.

Е.П. ЛЕВИТАН

¹ Пользуясь случаем, напомним, что сейчас Московский планетарий, к сожалению, не работает (с 1994 г.!). В настоящее время завершается разработка Проекта его возрождения. Автор этой заметки – один из разработчиков Проекта – скоро познакомит с ним читателей нашего журнала.

Конская голова

Темная туманность Конская голова в созвездии Ориона – один из наиболее часто фотографируемых небесных объектов. Официальное название его – Барнард 33. Это выступ в южной части плотного пылевого облака Линдс 1630, на краю области ионизованного водорода IC 434. Расстояние до туманности – около 1400 св. лет.

Прекрасное цветное изображение Конской головы скомпоновано из трех снимков, полученных 1 февраля 2000 г. с помощью камеры ФОРС-2, установленной на втором 8.2-м зеркале “Кьюйен” Очень Большого Телескопа Европейской Южной Обсерватории. Сравнительно большое поле камеры ФОРС-2 (угловой размер изображения $6.5' \times 6.7'$) и высокое разрешение делает этот инструмент оптимальным при наблюдении протяженных объектов.

Снимки были сделаны в синем участке спектра (длина волны – 429 нм, экспозиция – 600 с), зеленом (554 нм, 300 с) и красном (655 нм, 120 с). Снимки находились в Научном архиве ОБТ. Их извлечение оттуда и построение помещенного на первую страницу обложки нашего журнала цветного фото – хороший пример использования ценных данных.

Цветное фото уже само по себе дает важную научную информацию. Например, преобладающие цвета на снимке говорят о структуре туманности: красный приходит от водорода (линия H_α), коричневый порожден плотной затемняющей пылью, зелено-голубой – рассеянный звездный свет. Этот последний отражается от поверхностных слоев “пыльных гор”, не затененных от света звезд, находящихся в зонах ионизованного водорода (верхняя часть изображения), и звездный свет рассеивается на частицах пыли. В пространстве между “мордой и шеей коня” пыли на луче зрения меньше, и фоновая эмиссия в линии H_α просвечивает сквозь пыль.

Яркий ободок на верхушке фигуры – ионизационный фронт, в кото-

ром энергичные протоны из зоны ионизованного водорода вторгаются в газопылевое облако, разрушают молекулы и частицы пыли, нагревают и ионизируют газ. Зона сформировалась вокруг яркой звезды σ Ориона, ниже самой южной звезды пояса Ориона. Эта цепочка звезд и туманностей известна под названием “Меч Ориона” (Земля и Вселенная, 2001, № 4).

Пыль и молекулы могут существовать в холодных районах межзвездной среды, закрытых от света звезд обширными участками газа и пыли. Протяженные структуры, подобные Конской голове, называют “слоновые хоботы”. Они недолговечны (несколько тысяч лет), т.к. постоянно разъедаются расширяющимися зонами ионизованного водорода.

Другой впечатляющий пример “слоновых хоботов” – столбы в туманности Орел, известной по снимкам Космического Телескопа им. Хаббла. Недавно получены новые инфракрасные изображения этой области с помощью ОБТ.

ESO PR Photos 02a-b/02
25 January 2002

Информация

Исследование окрестностей далекой галактики

Астрономы Европейской Южной Обсерватории с помощью 8.2-м телескопа “Кьюйен” и спектрографа УВЭС провели наблюдения далекой галактики из созвездия Волоса MS 1512-cB58, удаленной на расстояние 12 млрд. св. лет (красное смещение $z = 2.724$). Она выглядит ярче других галактик (ее блеск – 20.6^m) с похожим расстоянием, т.к. точно на линии зрения примерно в половине пути до нее находится массивное скопление галактик, и эффект гравитационного линзирования увеличивает ее блеск в 50 раз. Цель исследования – получить

спектр галактики и по его виду найти распределение материи в окрестности галактики. Это поможет ответить на один из ключевых вопросов космологии: каким образом из вещества ранней Вселенной образовалась крупномасштабная структура? И когда именно начали формироваться обширные “строительные блоки”, давшие начало паутиноподобной структуре, распавшейся на скопления и сверхскопления галактик?

Для таких исследований обычно используется линия атомарного водорода L_α . Она лежит в ультрафиолетовой части спектра (121.6 нм), недоступной для наблюдений с поверхности Земли, но в удаленных объектах вследствие большого красного смещения она переходит в видимую часть спектра (у галактики MS 1512-cB58 – 452.8 нм). При прохождении луча света сквозь газовые облака на пути зрения в спектре далекого источника света появляется множество линий поглощения L_α , смещенных в сторону более коротких волн, и величина этого смеще-

ния зависит от расстояния до объекта. У далеких астрономических объектов на пути зрения оказывается так много облаков, что в их спектре рядом с “начальной” линией L_α вырисовывается картина, образно названная “Лайман-альфа лес”.

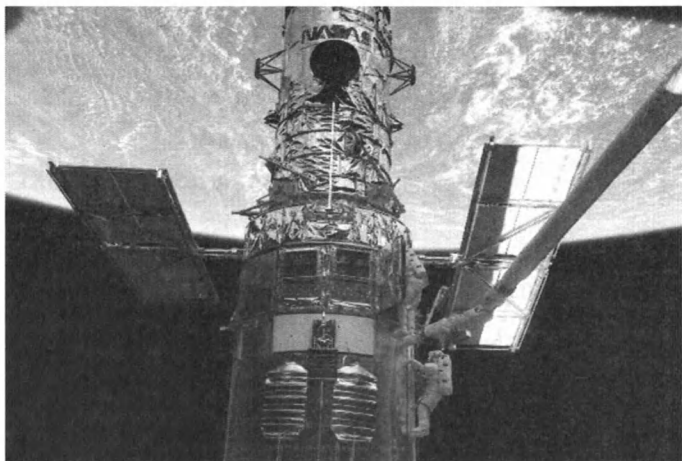
Изучение этой картины у галактики MS 1512-cB58 выявило, что в ее окрестностях находится очень много облаков газа, примерно в три раза больше, чем в среднем на луче зрения до нее. Это можно объяснить, если предположить, что наша Галактика – наибольший объект, сформировавшийся первым среди большого ансамбля протогалактических облаков газа, в будущем – скопления галактик. Можно сделать вывод, что формирование крупномасштабной структуры Вселенной началось очень рано, она существовала уже через 3 млрд. лет после Большого взрыва. (Именно столько времени прошло до появления галактики MS 1512-cB58.)

ESO Press Release 03/02
11 March 2002

Четвертый ремонт КТХ на орбите

Основная задача стартовавшего **1 марта 2002 г.** в 11 ч 22 мин 02 с (по Гринвичу) с космодрома Канаверал космического корабля “Колумбия” (программа STS-109) с семью астронавтами на борту – замена оборудования Космического Телескопа им. Э. Хаббла. Это четвертый ремонт КТХ на орбите. Первые три проведены экспедициями STS-61, -82 и -103 (Земля и Вселенная, 1994, № 4; 1998, № 1; 2000, № 5). Экипаж корабля: командир экспедиции С. Альтман, пилот корабля Д. Кэри, специалисты полета Д. Грунсфелд, Н. Кёрри, Д. Ньюман, Р. Линнехан и М. Массимино. Через несколько часов после старта корабль вышел на расчетную орбиту высотой: 560 × 574 км, периодом обращения 95 мин и наклонением 28.5°. 3 марта “Колумбия” подлетела на близкое расстояние к КТХ, были открыты створки грузового отсека, и манипулятором захвачен орбитальный телескоп.

4 марта первый из пяти запланированных выходов в открытый космос совершили астронавты Д. Грунсфелд и Р. Линнехан. Сначала была демонтирована одна из панелей солнечных батарей, которую в свернутом виде поместили в грузовой отсек корабля и возвратили на Землю для изучения воздействия условий космического полета на различные материалы. Вслед за этим астронавты закрепили на телескопе новую солнечную батарею и развернули ее. Кроме того, Д. Грунсфелд и Р. Линнехан установили теплозащитное покрытие на одном из отсеков с научной аппаратурой телескопа. Продолжительность работы в открытом космосе составила 7 ч 01 мин. **Вто-**



Астронавты Д. Грунсфелд и Р. Линнехан (справа на снимке) заменяют блок управления системы электропитания КТХ во время третьего выхода в открытый космос. 6 марта 2002 г. Фото NASA.

рой выход проведен **5 марта** – Д. Ньюман и М. Массимино за 7 ч 16 мин заменили вторую панель солнечных батарей, установили теплозащиту на приборном отсеке № 6 телескопа и на одном из его двигателей, а также провели монтаж и испытания поворотной платформы с научным оборудованием в хвостовой части КТХ. **6 марта** астронавты Д. Грунсфелд и Р. Линнехан в **третий раз** вышли в открытый космос. На этот раз астронавты заменили блок электропитания. Изначально замена блока не предусматривалась, он непрерывно проработал 12 лет. Чтобы не допустить переохлаждения оборудования и, следовательно, выхода его из строя, некоторые элементы КТХ были укутаны теплозащитой. После замены старого блока, астронавты соединили 36 электрических кабелей, обеспечив тем самым нормальное снабжение электроэнергией всех систем телескопа. Проверка работоспособности КТХ продемонстрировала высокое качество проведенных работ. Продолжительность ремонта – 6 ч 48 мин. **Четвертый выход** в открытый космос астронавты Д. Ньюман и М. Массимино совершили **7 марта** за 7 ч

29 мин. Они заменили на телескопе некоторые блоки, обеспечивающие бесперебойную работу камер. **8 марта** в **пятый раз** члены экипажа “Колумбии” занимались ремонтом телескопа. Д. Грунсфелд и Р. Линнехан в течение 7 ч 20 мин установили оборудование систем терморегулирования КТХ, что знаменовало окончание работ по его модернизации.

Общая продолжительность работы астронавтов в открытом космосе в ходе полета КК “Колумбия” – 35 ч 55 мин. **9 марта 2002 г.** в 10 ч 04 мин по Гринвичу экипаж вновь отправил КТХ в автономный полет. Замена ряда бортовых систем дала возможность эксплуатировать его еще в течение 10–12 лет, что в несколько раз превышает первоначальный ресурс.

После завершения работ с КТХ корабль находился в автономном полете трое суток. Экспедиция “Колумбии” завершилась **12 марта 2002 г.** в 9 ч 31 мин 52 с на посадочной полосе № 33 Космического центра им. Дж. Кеннеди на мысе Канаверал. Продолжительность полета составила 10 сут 22 ч 09 мин 50 с.

По материалам NASA

Железная дорога на МКС*

8 апреля 2002 г. в 20 ч 44 мин 19 с по Гринвичу из Космического центра им. Дж. Кеннеди на мысе Канаверал со стартового комплекса LC39B осуществлен запуск КК “Атлантис” по программе STS-110 (ISS-8A). Это 109-й полет кораблей “Спейс Шаттл” и 13-й по созданию МКС. Корабль пилотирует экипаж в составе: командир М. Блумфилд, пилот С. Фрик, специалисты полета Р. Уолхейм, Э. Очоа, Л. Морин, Д. Росс и С. Смит. Джерри Росс стал первым астронавтом, семь раз стартовавшим в космос. Основная задача полета – доставка на орбиту и монтаж на внешней поверхности МКС центральной секции многофункциональной фермы ITS-SO с рельсовым путем (масса 12623 кг), а также подвижного транспортера с платформой канадского производства “Canadarm-2”. После нескольких маневров “Атлантис” вышел на орбиту полета МКС: высота – 381×395 км, период обращения – 92.2 мин и наклонение – 51.64° .

10 апреля 2002 г. в 16 ч 04 мин по Гринвичу осуществлена стыковка корабля и станции. 11 апреля С. Смит и Р. Уолхейм совершили первый из четырех запланированных выходов в от-

крытый космос и смонтировали секции фермы SO, предназначенной для размещения на ней панелей солнечных батарей. Время их работы – 7 ч 48 мин (на 1.5 часа дольше, чем планировалось). Во втором выходе, 13 апреля, в течение 7 ч 30 мин Д. Росс и Л. Морин продолжили монтаж фермы SO. Это был 36-й выход, совершенный по программе строительства МКС. В третьем выходе, 14 апреля, приняли участие С. Смит и Р. Уолхейм. Основной задачей стал монтаж первой секции транспортера для канадского дистанционного робота-манипулятора SSRMS. Работы продолжались 6 ч 27 мин. 15 апреля экипаж провел испытания транспортера с мобильной платформой “Canadarm-2” станции. Апробирован первый участок транспортера длиной 13 м, или “железной дороги”, как его окрестили журналисты. После завершения монтажа дорога протянется вдоль фермы МКС почти на 100 м. В ходе испытаний транспортера астронавты столкнулись с неполадками. После остановки подвижная платформа на выбранном участке не смогла зафиксироваться – не сработал автоматический замок. Фиксация тележки имеет важное значение для создания устойчивой базы, с которой можно было бы вести дальнейшее строительство станции. По данным Центра управления по-

летами в Хьюстоне, проблема заключается не в самой тележке, а скорее в том, что магнитный сенсор на ней потерял контакт с металлическими полосками в рельсе и программа автоматически остановила процесс фиксации. Специалисты NASA пытались найти способ, как автоматически фиксировать тележку на заданном участке “железной дороги”. Пока же, считают они, этого можно добиться только при ручном управлении. Четвертый выход, 16 апреля, длительностью 6 ч 37 мин совершили Д. Росс и Л. Морин. Они завершили работы по монтажу центральной секции фермы SO и транспортера “Canadarm-2”.

17 апреля 2002 г. в 18 ч 31 мин по Гринвичу “Атлантис” отстыковался от станции и отправился в автономный полет. За 7 сут работы на орбите астронавты смонтировали секцию фермы SO (S-Zero), на которой будут укреплены панели солнечных батарей, а также первый участок рельсового пути транспортера для перемещения по нему платформы “Canadarm-2” с канадским манипулятором. 25-й полет “Атлантиса” завершился 19 апреля 2002 г. в 16 ч 26 мин 57 с по Гринвичу на посадочной площадке космодрома Канаверал. Продолжительность полета составила 10 сут 19 ч 42 мин 38 с.

* Продолжение. Начало см.: 1999, №№ 2, 4; 2000, №№ 5, 6; 2001, № 5; 2002, №№ 1, 2.

По материалам NASA

Юрий Ильич Гальперин (к 70-летию со дня рождения)

Выдающийся российский ученый, крупный специалист в области магнитосферных исследований, доктор физико-математических наук, лауреат Государственной премии профессор Ю.И. Гальперин скоропостижно скончался 28 декабря 2001 г. В сентябре 2002 г. ему исполнилось бы 70 лет. Начав свою научную жизнь с оптических наблюдений полярных сияний с поверхности Земли, он одним из первых перешел к исследованию околоземного космического пространства со спутников. Со времени образования Института космических исследований РАН он заведовал там лабораторией «Физики авроральных явлений».

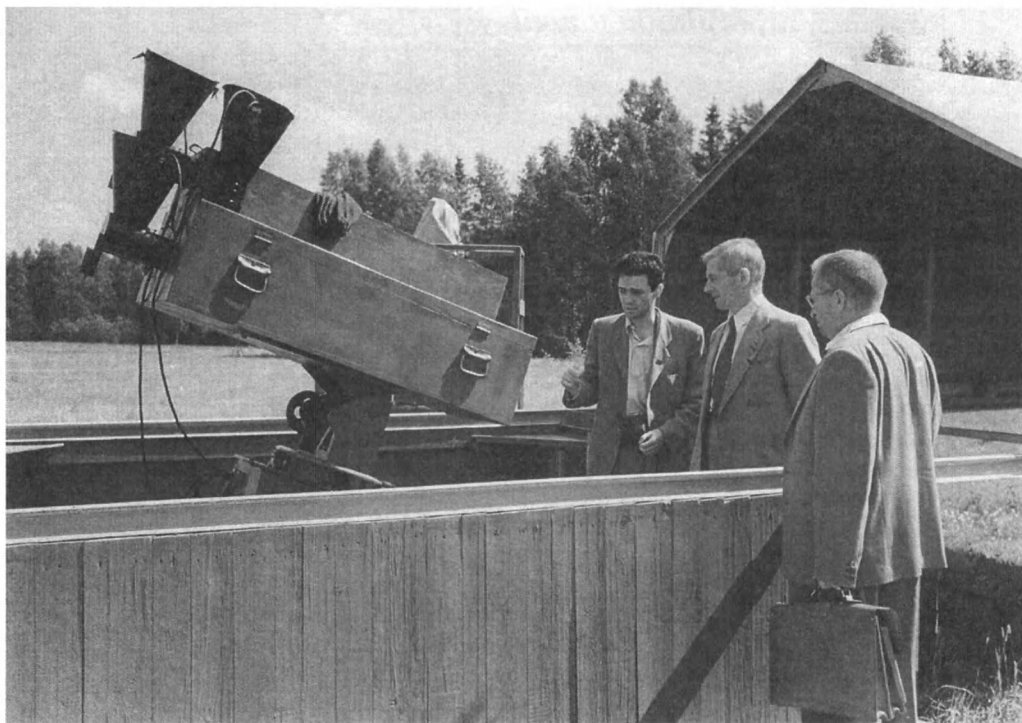
Юрий Ильич опубликовал более 200 статей и входил в коллектив авторов трех монографий по экспериментальной космической физике.

Ю.И. Гальперин являлся членом Международного астрономического союза (с 1957 г.), Международной академии астронавтики (с 1974 г.), Американского геофизического союза

(с 1974 г.), членом-учредителем Европейского астрономического союза (с 1990 г.). Многие научные группы в разных городах нашей страны, в частности в Калининграде, Могилеве, Мурманске, Якутске, обязаны ему своими успехами. Его энциклопедические знания охватывали практически все направления науки о космосе.



Ю.И. Гальперин на семинаре в ИКИ
(ноябрь 1999 г.).



Юрий Ильич родился 14 сентября 1932 г. в Москве. Его отец, Илья Романович Гальперин, известный лингвист, был профессором английского языка и литературы Института иностранных языков. Мать, Надежда Михайловна Гальперина, преподавала в том же институте французский язык. Благодаря родителям он свободно владел английским и французским языками и уже в школьные годы читал Шекспира в подлиннике.

Однако он выбрал астрономию, возможно самую поэтическую из точных наук, и в 1950 г. поступил на астрономическое отделение механико-математического факультета Московского государственного университета. Его любимым учителем в университете был Иосиф Самойлович Шкловский, в то время увлеченно занимавшийся свечением верхней атмосферы Земли. По окончании университета Ю.И. Гальперин был направлен в Институт физики атмосферы в отдел верхней атмосферы, где работал И.С. Шкловский и которым руководил В.И. Красовский. Такой союз двух крупных ученых во многом определил на-

Визит в 1957 г. на станцию ИФА в Звенигороде Сиднея Чепмена, основоположника науки о магнитосфере и организатора Международного геофизического года. Ю.И. Гальперин и В.И. Красовский демонстрируют гостю спектрограф СП-48. Для защиты от росы спектрограф помещен в ящик с внутренним подогревом. Выбор азимута осуществлялся вращением турели вокруг вертикальной оси, выбор зенитного угла – поворотом бленды с укрепленным на ней плоским зеркалом.

правления исследований в Институте и способствовал росту в нем молодых специалистов. Оба руководителя Ю.И. Гальперина ценили в своем ученике самостоятельность, эрудицию, физическую интуицию и талант.

В это время во всех странах шла подготовка к Международному геофизическому году (Земля и Вселенная, 1999, № 5) – координированным наблюдениям геофизических явлений в 1957–59 гг. Институт физики атмосферы организовал три наблюдательные станции: Лопарская (за полярным кругом), Рожино

(близ Ленинграда) и Звенигород (под Москвой). Они были оснащены светосильными спектрографами высокого разрешения, разработанными в Государственном оптическом институте и превосходившими по своим характеристикам аппаратуру, существовавшую тогда в мировой практике. На каждой из наблюдательных станций Института было установлено по три спектрографа, предназначенных для регистрации видимой, ближней ультрафиолетовой и ближней инфракрасной областей спектра.

Самые интересные материалы были собраны на станции Лопарская, где Юрий Ильич провел три наблюдательных сезона. Ему удалось зарегистрировать множество спектров полярных сияний и классифицировать их. Особенное внимание он уделял широкой водородной линии H_{α} . К этому времени во всем мире было получено только 5 таких спектров; он добавил еще 17. Профиль линии отражал дисперсию скоростей вторгающихся в верхнюю атмосферу протонов, испытавших перезарядку с водородными атомами, и позволял судить об их функции распределения. На основе этих измерений Ю.И. Гальперин доказал, что авроральные протоны вторгаются из магнитосферы, а не из “солнечных корпускулярных потоков”, как тогда считалось. Этой проблеме была посвящена кандидатская диссертация Юрия Ильича.

В Лопарской он наблюдал множество разнообразных полярных сияний и восхищался их красотой и загадочностью. Он говорил, что каждый теоретик должен провести сезон на обсерватории, чтобы увидеть собственными глазами те явления, которые собирается объяснить. В наше время многие из них объяснены, и Юрий Ильич внес в это немалый вклад.

С наступлением спутниковой эры отдел В.И. Красовского сразу же включился в разработку космической аппаратуры. Среди первых в отделе был создан прибор для измерения частиц малых энергий. Под такими энергиями понималась энергия около 10 кэВ, что следовало из измерения высоты полярных сияний. Прибор был установлен на III ИСЗ, запущенном 15 мая 1958 г. Измерения пока-

зали, что подобные “мягкие” частицы достаточно интенсивны и имеют распределение по углам относительно магнитного поля, характерное для частиц, захваченных в геомагнитную ловушку. По современной терминологии, это частицы кольцевого тока. Тогда это стало сенсационным научным результатом, противоречившим представлениям об определяющей роли сравнительно маломощного источника – высокоэнергичных частиц космических лучей.

В 1961–62 гг. отдел В.И. Красовского выполнил два больших эксперимента на спутниках “Космос-3” и “Космос-5”. Было проведено много измерений частиц малых энергий над овалом полярных сияний, а также фотоэлектронов с энергиями более 30 эВ. Однако после объявления в печати о готовящемся высотном американском термоядерном взрыве “Starfish” (“Морская звезда”), эта программа была срочно переориентирована на исследование его воздействия на магнитосферу. “Космос-5”, единственный из всех спутников, смог зарегистрировать эффекты, возникшие в момент взрыва. Измерения полностью изменившейся внутренней магнитосферы выполнялись до весны 1963 г. и были продолжены на спутниках “Электрон-1” и “Электрон-2”. Интерпретация этих измерений посвящена докторская диссертация Юрия Ильича. Он воссоздал физическую картину формирования возникшего при взрыве искусственного радиационного пояса, его характеристики и время распада, обнаружил ряд новых явлений (“ γ -заря” – рассеяние γ -излучения за горизонт, длительное сохранение ионов тяжелых ядер вследствие вертикального дрейфа в экваториальной ионосферной аномалии; прорыв горячей плазмы вверх в экваториальной зоне и др.).

В 1967 г. образован Институт космических исследований АН СССР (Земля и Вселенная, 2000, № 5). В него перевели из разных институтов научные группы, занимающиеся космической тематикой, и, в частности, группу из отдела В.И. Красовского во главе с Ю.И. Гальпериним. На ее основе Юрий Ильич создал лабораторию “Физики авроральных явлений” и бесценно руководил этой лабораторией.

К 1967 г., еще в ИФА, лабораторией был подготовлен большой эксперимент по исследованию частиц полярных сияний с комплексом аппаратуры, полностью занявшим целый спутник. Предыдущие спутники “Космос-3”, “Космос-5” и другие запускались с полигона Капустин Яр под Волгоградом (тогда еще Сталинградом), наклонение их орбиты составляло 49°, и поэтому овала полярных сияний спутник достигал лишь над Северной Америкой и южнее Австралии. Для того чтобы спутник пересекал авроральный овал и полярную шапку, необходим больший угол наклонения. Такие орбиты возможны при запуске с космодрома Плесецк. Коллектив лаборатории с фактически готовым комплексом аппаратуры ждал, когда введут в действие этот космодром, рискуя потерять спутник – его могли передать другой группе. Но риск был оправдан – такая орбита значительно расширяла возможности наблюдений.

Спутник “Космос-261” запущен 20 декабря 1968 г., второй спутник с идентичной аппаратурой, “Космос-348”, – 13 июня 1970 г.

С “Космоса-261”, в сущности, началось международное сотрудничество по программе “Интеркосмос” (программа сотрудничества ряда европейских стран с СССР в области исследований космического пространства). На этом спутнике была установлена только отечественная аппаратура. В странах, участвовавших в программе, синхронно со спутниковыми проводились наземные измерения характеристик ионосферы и термосферы, затем бортовые и наземные измерения совместно анализировались. Так же была организована совместная работа на спутнике “Космос-348”. В этих экспериментах обнаружена диффузная авроральная зона – крупномасштабное высыпание электронов малых энергий к экватору от овала полярных сияний.

Ю.И. Гальперин всегда стремился к тому, чтобы установленная на спутнике аппаратура представляла единый комплекс, призванный проводить разносторонние исследования по общей программе, а не была случайным набором инструментов.

На четырех спутниках серии “Космос” была установлена только советская, а на последующих трех: “Ореол-1” (1971–72), “Ореол-2” (1973–74), “Ореол-3” (1981–86) – советско-французская аппаратура. Работы проводились в рамках советско-французского проекта “АРКАД”. Старый друг Юрия Ильича Жан-Жак Бертелье писал о нем: “Те, кто участвовал в советско-французском космическом сотрудничестве, считают, что Юрий лучше всех олицетворял длительную историю проектов, успехов, открытий советской и французской команд. Его глубокие и обширные знания в области ионосферной и магнитосферной физики, его дружеское лидерство среди советской и французской команд производили на каждого нового члена проекта неизгладимое впечатление”.

Уже в проектах “АРКАД-1” и “АРКАД-2” были получены важные научные результаты: установлена пятнообразная форма каспа, определена планетарная картина эволюции энергетических спектров протонов, их инжекции из хвоста во внутреннюю магнитосферу, их дрейфа в магнитосфере и высыпания в диффузной зоне.

Научные приборы, разработанные в проекте “АРКАД”, стали существенным шагом вперед в области космического приборостроения. На спутнике “Ореол-3” (проект “АРКАД-3”) были применены новые методы измерения космической плазмы, достигнута рекордная для того времени чувствительность при измерении низкочастотных волн и частиц малых энергий. В конструкцию и служебные системы спутника внесли ряд усовершенствований. В разработке и изготовлении научных приборов проекта “АРКАД” участвовали многие организации в Советском Союзе и во Франции. Содружество ученых и инженеров в проекте стало настоящим союзом единомышленников.

Как экспериментатор, Юрий Ильич был очень критичен при интерпретации наблюдений, особенно измерений тепловой плазмы. Он ясно сознавал, что неравномерное распределение потенциала вокруг спутника сильно искажает наблюдаемые потоки мягких частиц. По-



Снимок полярного сияния, полученный С.А. Черноусом 30 марта 2001 г. в 22 ч 00 мин на полигоне Полярного геофизического института в Апатитах.

этому он настоял на эквипотенциализации спутника “Ореол-3” и изготовлении для него новых, электромагнитно-чистых солнечных панелей. Советская и французская группы совместно провели тщательную проверку научных приборов и систем спутника на электромагнитную совместимость.

Усовершенствование солнечных панелей уменьшило электромагнитные помехи в 1000 раз и существенно продлило срок их службы – за 6 лет работы спутника они сохранили свою эффективность. (Такие же панели потом установили на спутнике “Интеркосмос Болгария-1300” и спутниках проекта “Интербол”). В 80-е гг. это представляло собой настоящий прорыв в области измерений тепловой и сверхтепловой плазмы.

Командное устройство спутника позволяло дать только несколько команд за сеанс, а гибкое управление новой аппаратурой требовало значительно большего их числа. Необходимого увеличения достигли благодаря бортовой ЭВМ французского производства, управлявшей всем комплексом аппаратуры. Тщательная отладка телеметрической системы уменьшила процент сбоев до 0.1%. Кроме штатной телеметрии использовалась французская широкополосная телеметрия, передающая информацию в режиме непосредственной передачи на несколько приемных станций, расположенных в Тулузе (Франция), Тромсё (Норвегия), Апатитах, Звенигороде (Россия), на о. Кергелен и Земле Адели (Антарктика), в Куру (Французская Гвиана), Сугадайре (Япония) и Шрихарикоте (Индия).

Работа спутника планировалась так, чтобы проводить измерения, координированные с другими спутниками, наземными геофизическими лабораториями и мощными радиопередатчиками. Кроме то-

го, рассчитывалось время запуска ракет для осуществления совместных работ.

Вот пример одной серии таких координированных экспериментов. Осенью 1981 г. вблизи Алма-Аты в процессе строительных работ проводились промышленные взрывы. Несколько лабораторий использовали их для осуществления эксперимента МАССА (изучения Магнитосферно-Атмосферных Связей при Сейсмо-Активных явлениях). Исследовались эффекты, возбуждаемые в верхней атмосфере и ионосфере крупномасштабной акустической волной, возникающей в результате взрыва. Время мощного взрыва (10 вагонов взрывчатки) согласовали с пролетом спутника "Ореол-3". В результате на спутнике в соответствующей силовой трубке были зарегистрированы электростатические УНЧ и ОНЧ-шумы, а также интенсивная МГД-волна. Эти результаты нашли подтверждение при дальнейших промышленных взрывах, которые проводились во время, специально рассчитанное для координации работы со спутником.

В проекте "АРКАД-3" получены приоритетные для того времени результаты: изучены новые явления в каспе, авроральном овале и субавроральной зоне; обнаружены новые типы дисперсии по скоростям вторгающихся ионов; исследованы явления, возникающие в магнитосфере в результате искусственных воздействий (МГД-волна в эксперименте МАССА, стимулированные высыпания частиц под действием ОНЧ-излучения от наземного передатчика, МГД-волны от плазменной струи, испускаемой с вращающейся ракеты, запущенной с исследовательского корабля в Северной Атлантике).

В 1984 г. в Тулузе состоялась международная конференция, посвященная результатам выполнения программы "АРКАД-3". Доклады, сделанные на этой конференции, показывают актуальность исследований по проекту. Те же имена и в значительной степени те же проблемы встречаются в современных журналах и на конференциях. Информация, полученная в проекте, используется до сих пор. Ю.И. Гальперин за подготовку и осуществление проекта "АРКАД-3" был удостоен Государственной премии.

Юрий Ильич ставил эксперименты и на других спутниках, например на ИСЗ "Космос-184", "Интеркосмос-19", "Космос-1809". Анализ первых прямых измерений дрейфа ионосферной плазмы, проведенных на спутнике "Космос-184", позволил ему и его коллегам открыть новое явление в возмущенной магнитосфере – узкую струю ионов, дрейфующих со сверхзвуковой скоростью в западном направлении вблизи плазмопаузы ("поляризационный джет"). Это явление, открытое в 1973 г., повторно обнаружили американские исследователи в 1977 г. и назвали его субавроральным дрейфом ионов (SAID). В ионосфере существование поляризационного джета приводит к целому ряду резких изменений, создающих сильные плазменные неоднородности, которые хорошо регистрируются с поверхности Земли с помощью ионозондов и сильно нарушают распространение радиоволн, т.е. влияют на космическую погоду (Земля и Вселенная, 1997, № 6; 2000, № 3).

Сотрудники Юрия Ильича под его руководством продолжили исследования поляризационного джета, используя как ионосферные наблюдения в Якутии, так и измерения со спутника "Интербол-2". Они показали, что джет образуется через 10–15 мин после вспышки суббури, а не на фазе ее восстановления, как считалось раньше, и связан с глубокой инжекцией частиц, проникающих до среднеширотных L-оболочек. В настоящее время ими разрабатывается модель этого явления.

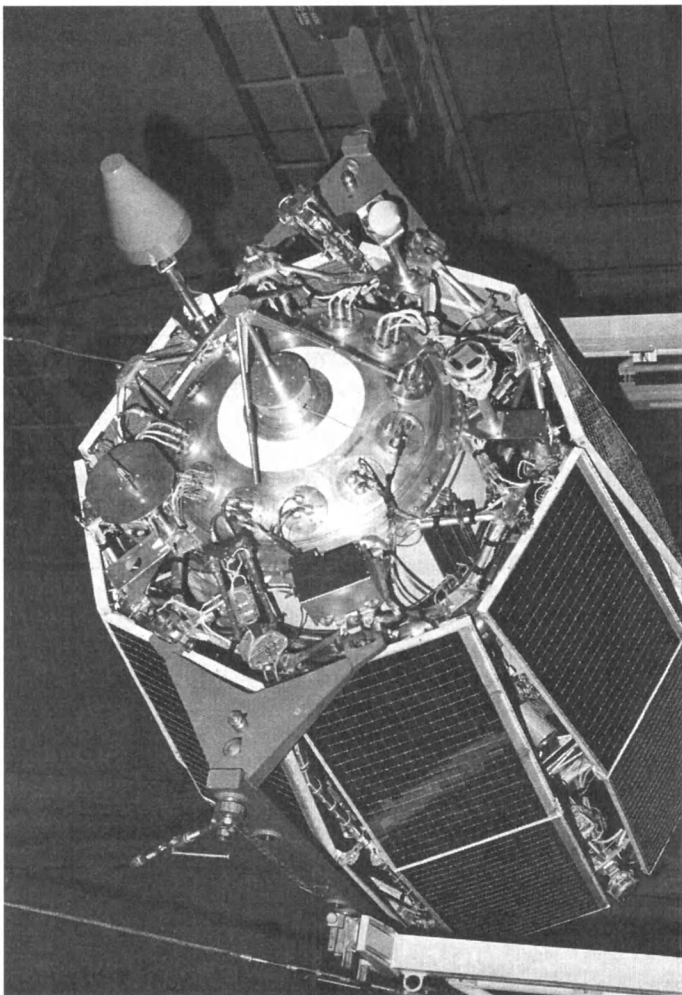
В 80-х гг. Ю.И. Гальперин и Я.И. Фельдштейн вели интенсивную дискуссию с геофизическим сообществом по поводу соответствия овала дискретных форм полярных сияний плазменным структурам хвоста магнитосферы. Большинство исследователей считали, что авроральный овал проецируется на пограничный плазменный слой на расстояниях 50–100 радиусов Земли. Ю.И. Гальперин и Я.И. Фельдштейн утверждали, что он проецируется на центральный плазменный слой, а стационарная дуга на экваториальной границе овала, с появления которой начинается вспышка суббури, – на околоземной край плазменного слоя и что область вспыш-

Ю.И. Гальперин и Жан Мишель Боске, соратники в проекте "АРКАД-3" и создатели теории "минимума В", в Ванкувере в 1987 г.

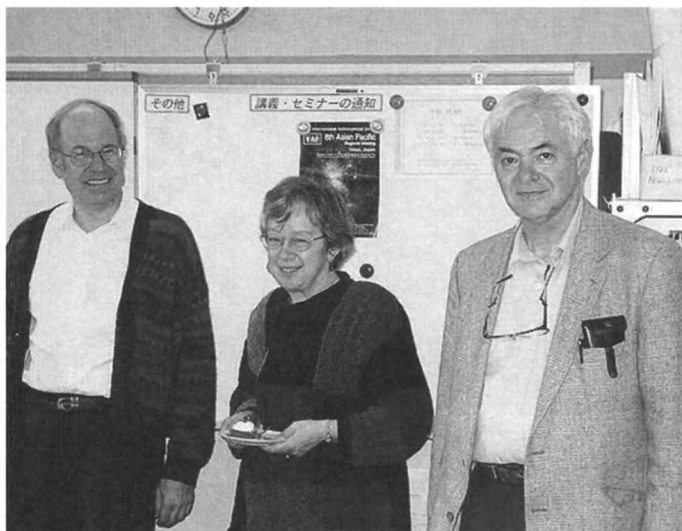
ки суббури расположена в околоземном плазменном слое на расстоянии 5–15 радиусов Земли. Эта точка зрения сначала была принята в штыки, но потом стала приобретать все больше сторонников, и ее даже называли "ренессансом Фельдштейна–Гальперина". Теперь она стала общепринятой, и все забыли, что противоположные взгляды когда-то существовали.

Ю.И. Гальперин активно сотрудничал со многими научными группами в разных уголках нашей страны, и много направлений обязаны ему своим рождением. Он побудил группу сотрудников Калининградского университета заняться моделированием электрического поля вокруг спутника, погруженного в разреженную плазму, и расчетом траекторий ионов малых энергий в его окрестности. При постоянной поддержке Юрия Ильича эта группа развивала также нестационарную модель полярного ветра.

Многолетнее сотрудничество Ю.И. Гальперина с профессором Могилевского университета А.В. Воло-



Спутник "Ореол-3". В полете солнечные панели и штанги с приборами раскрываются, штанга с магнитом разворачивается на длину до 17 м.



Ю.И. Гальперин и известный канадский геофизик Гордон Ростокер с супругой Джиллан во время визита в STEL в ноябре 2001 г.

севич касалось моделирования нелинейных волн и локализованных движущихся структур в магнитосфере. Авторы опубликовали серию статей, разрабатывая эту проблему. В настоящее время рассчитаны трехмерные квазистационарные структуры вариаций плотности и электростатического потенциала, которые хорошо согласуются с наблюдаемыми на спутниках "FAST", "POLAR", "GEOTAIL" трехмерными мелкомасштабными движущимися структурами солитонного типа.

Юрий Ильич активно участвовал в проекте "Интербол", используя накопленный при проведении проекта "АРКАД-3" опыт. Он участвовал в нескольких экспериментах на спутнике "Интербол-2", в основном связанных с измерениями тепловой и сверхтепловой плазмы. Сотрудники лаборатории под руководством Юрия Ильича работали над такими проблемами, как измерения параметров тепловой и свехтепловой плазмы и ее моделирование, трехмерное моделирование электрического поля вокруг заряженного спутника, определение концентрации окружающей спутник плазмы по величине его потенциала.

Ю.И. Гальперин активно развивал перспективный международный проект

"Рой" по исследованию сильной турбулентности магнитосферной плазмы и являлся его научным руководителем (Земля и Вселенная, 2001, № 3). Он был также одним из руководителей готовящегося крупного российско-украинского проекта "Интербол-Прогноз" по проблемам космической погоды.

Юрий Ильич обладал удивительной интуицией,

опирающейся на глубокие и разносторонние знания в области физики магнитосферы. Его предсказания обычно подтверждались экспериментально. Он радовался новым теориям и открытиям, замене старых концепций и научным "революциям".

Удивительно, но с годами он становился все менее консервативным. "Легкий на подъем", он готов был мчаться на другой конец света — на научную конференцию, обсуждение технических деталей выполнения проекта, защиту диссертации. Последняя его командировка осенью прошлого года в Японию, в Лабораторию солнечно-земных связей (STEL), была исключительно плодотворной. Он продолжил там свои старые работы, закончил статью о множественных масштабах в авроральной плазме, наметил и обсудил направления сотрудничества своей лаборатории с коллегами из STEL.

Юрий Ильич оставил глубокий след в исследованиях космической плазмы в России и во всем мире. Многие проблемы, которые он обдумывал до последних дней, остались открытыми и нуждаются в дальнейших исследованиях. Их решение поможет нам продвинуться в изучении чудес околоземного космоса.

Ледники над полюсом холода

М. Д. АНАНИЧЕВА,
кандидат географических наук
Н. В. ДАВИДОВИЧ,
кандидат географических наук
Институт географии РАН

В островной маленькой Японии (почти в 6 раз меньше Гренландии), расположенной к тому же в субтропических широтах, совсем нет ледников. Хотя зимой на севере острова Хоккайдо и на склонах Фудзи (о. Хонсю) снег выпадает, но не очень много. Тем не менее в Японии сложилась сильная гляциологическая школа, и японские гляциологи внесли значительный вклад в развитие науки о льде и ледниках.

Летом минувшего года состоялась небольшая (7 человек) российско-японская экспедиция на уникальные ледники Якутии, вознесшиеся над ультраконтинентальной Якутией с Полюсом холода Северного полушария. Экспедиция была организована в рамках проекта “Изменение природной среды и климата циркумполярных областей”. Цель ее – дать оценку реакции ледниковых систем на глобальное

потепление климата. С российской стороны полевой отряд возглавлял гляциолог из Института географии РАН (ИГ РАН) Ю.А. Кононов. В экспедиции участвовали сотрудники ИГ РАН и Института вулканологии ДВНЦ РАН, а также МГУ им. М.В. Ломоносова. С японской стороны научными работами руководил профессор Томоми Ямада с ассистентом Т. Шираива (Институт низких температур Университета Хоккайдо, г. Саппоро), с ним работал профессор Шухей Такахаши (Институт технологии, г. Китами). Очень ценным было участие в экспедиции известного гляциолога М.М. Корейши, проводившего первые гляциологические наблюдения в хребте Сунтар-Хаята более 50 лет назад.



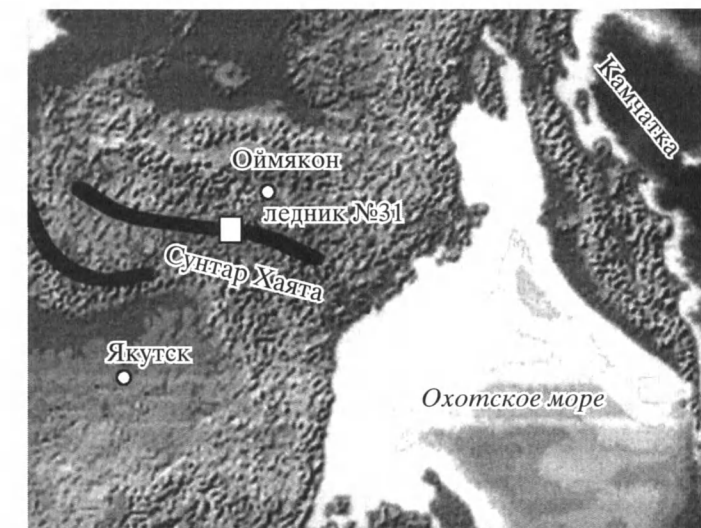
Участники совместной российско-японской экспедиции М.Д. Ананичева (ИГ РАН) и профессор Томоми Ямада (Университет Хоккайдо).

ОЛЕДЕНЕНИЕ, ОТКРЫТОЕ ПОСЛЕДНИМ

Хребет Сунтар-Хаята служит водоразделом между речными бассейнами притоков Алдана, Индигирки и рек, впадающих в Охотское море. Его длина — 450 км, а абсолютные высоты достигают почти 3000 м. Более 200 ледников покрывают площадь 210 км². А их вроде бы не должно быть: этот район континентальной Якутии, окружающей **Полюс холода** Северного полушария, отличается **исключительной сухостью**.

Хребет окаймлен удивительными природными образованиями — гигантскими наледями (тарыны, по-якутски). Считалось, что ими и ограничиваются ледяные ресурсы горного массива. Наледи образуются при замерзании зимой грунтовых вод. А вот для формирования ледников требуется определенное количество влаги в атмосфере.

Полюс холода находится в той части Сибири, куда не попадают влажные теплые потоки воздуха ни от Исландского, ни от Алеутского центров действия атмосферы, рождающих циклоны. Здесь господствуют Сибирский антициклон и самые жестокие в Северном полушарии Зем-



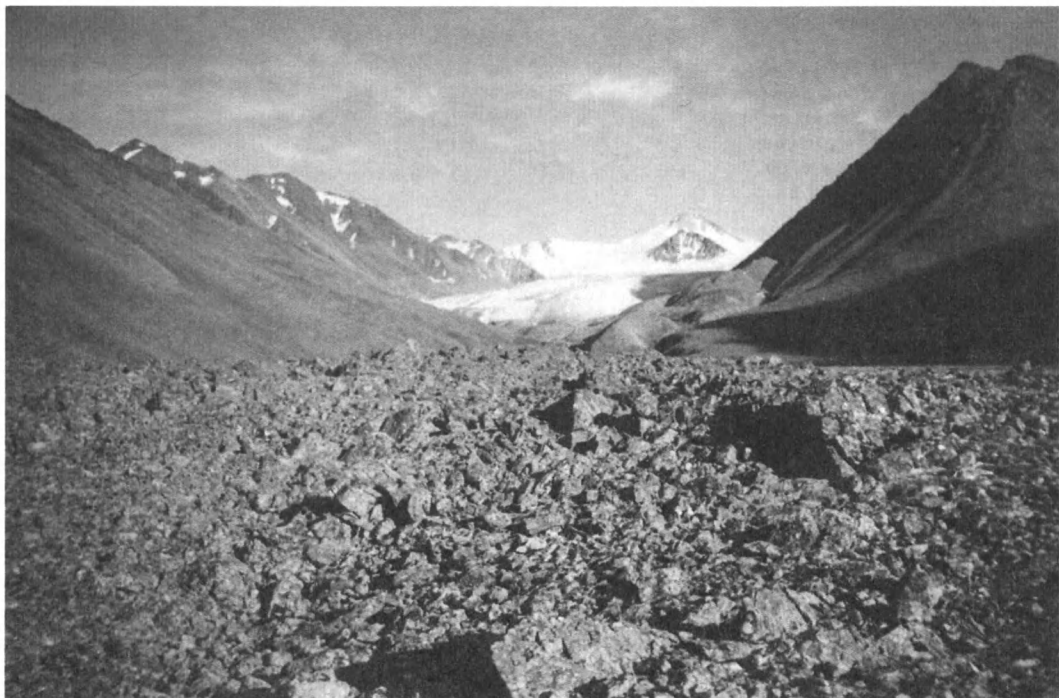
ли морозы зимой, а там, где нет снега, не должно быть и ледников. Их действительно долго не замечали. Эти **уникальные ледники** обнаружили в хребте Сунтар-Хаята, возвысившемся над Полюсом холода.

Первое представление о ледниках хребта Сунтар-Хаята получено только в 30-х гг. XX в. В 1939 г. геолог **В.К. Лежоев** описал несколько ледников гор Сунтар-Хаята. Геодезисты, проводя наземное обоснование аэрофотосъемки в 1945 г., также побывали на нескольких ледниках. Но масштабы оледенения стали известны лишь после аэрофотосъемки, проведенной в 1944–47 гг.

Летом 1946 г. для изучения современного оледенения в горы Сунтар-Хаята была направлена специальная экспедиция под руководством геолога **Л.Л. Бермана**. Проведя маршрутные работы в различных районах гор, этот исследователь опубликовал статью, в которой по

наземным наблюдениям и материалам аэрофотосъемки составил каталог ледников, подсчитал их площадь и дал описание морфологии некоторых из них. Первые выводы о характере оледенения и вся история открытия и исследования хребта были изложены в работе геолога **А.П. Васьковского** в 1955 г. В его публикациях содержатся близкие к действительности выводы о климате, режиме и площади ледников, а также указано на малую величину энергии оледенения, даны оценки количества атмосферных осадков и температуры воздуха.

К изучению климата и современного оледенения этого района приступили в **1957–59 гг.**, когда начала действовать высокогорная метеостанция Сунтар-Хаята Якутского УГМС, расположенная на высоте 2068 м вблизи конца ледника, не имеющего имени и помеченного на карте под № 31. Он находится в Се-



верном массиве и признан репрезентативным для этого района. Чтобы сопоставлять наблюдения на хребте и в предгорье была одновременно организована вспомогательная станция Нижняя База (1340 м).

Гляциологические исследования проводили в период **Международного геофизического года** (МГГ) Институт мерзлотоведения им. С.В. Обручева АН СССР и его Северо-Восточное отделение в г. Якутске. Первый год для небольшого отряда под руководством **М.М. Корейши** ушел на подготовку: выбор места, строительство базы, переброску оборудования и приборов, предварительное обследование района, бурение скважины до глубины 50 м. Место для строительства баз-станции экспедиции

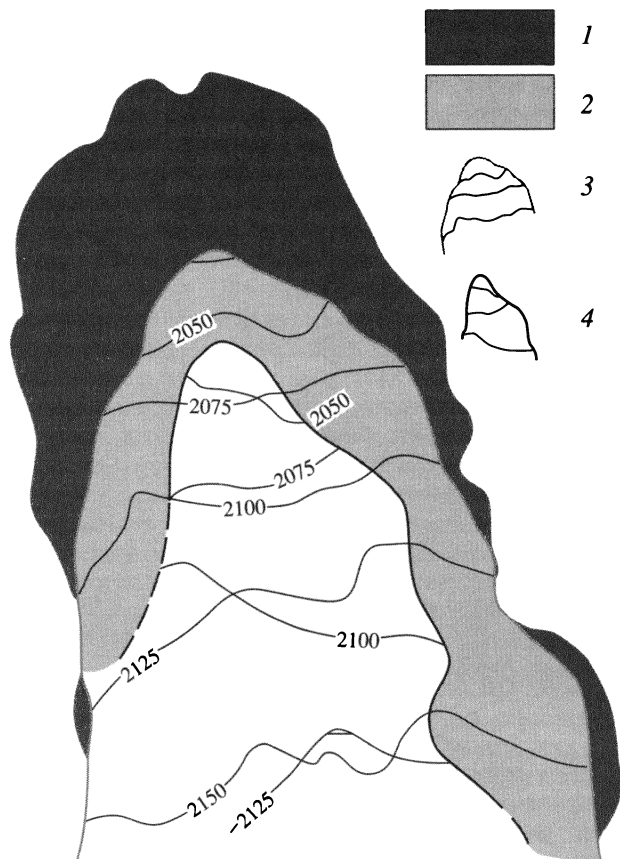
Сунтар-Хаята выбрано в северном массиве оледенения гор на водораздельном перевале рек Бургали (притока р. Агаякан) и Хоронь (притока р. Сунтар), принадлежащих бассейну р. Индигирки. Был построен лабораторно-жилой дом рядом с только что организованной гидрометеорологической станцией "Сунтар-Хаята", в 3 км от ледника № 31. Здания стационара были построены в лесу, в 40 км ниже по течению р. Бургали, а потом разобраны и перевезены на нартах оленями.

На леднике № 31 организован полустационар, где с помощью комплекса приборов и установок изучался **тепловой баланс ледника в период таяния**. Впервые детально описаны 19 ледников, в том числе на самой высокой

Ледник № 31 в хребте Сунтар-Хаята (Якутия). Вид из долины.

точке хребта Сунтар-Хаята (гора Мус-Хая – 2959 м). Сейсмическим методом определена толщина ледника № 31, оказавшаяся в срединной части равной 145 м. Палеогляциологические исследования показали, что ледники хребта Сунтар-Хаята – современные, раньше их было больше. На тарыхах изучались строение льда и состав воды источников, питающих наледы. На станции Нижняя База проводилось изучение наледей, в поселке Томтор, где расположена метеостанция Оймякон, – **геокриологические исследования** в толще вечной мерзлоты.

Изменение положения ледника № 31 с 1957–59 гг. по 2001 г.: 1 – морена 1957–59 гг.; 2 – морена 2001 г.; 3 – контур конца ледника в 1957–59 гг.; 4 – контур конца ледника в 2001 г. Изолинии – высоты (м) над уровнем моря.



В 1970 г. после десятилетнего перерыва, в связи с работами по составлению каталога ледников СССР, в этот район была направлена экспедиция Института географии АН СССР под руководством О.Н. Виноградова. Результатом стали новые данные о режиме ледника № 31 в 1970 г., а также в целом за период 1960–69 гг. Были зафиксированы изменения морфологии и величины отступления соседних с ледником № 31 **долинных, каровых** (заполняющих чашеобразные углубления в склоне – кары) и **висячих** ледников. Кроме того, изучались следы древнего оледенения – соответствующие формы рельефа и моренные отложения.

Исследования совместной российско-японской экспедиции в 2001 г. опирались на результаты работ 1957–59 гг. и 1970 г. и включали полную топографическую съемку языка ледника № 31, измерения снижения поверхности (абляции), GPS-съемку (определение координат по системе спутниковой навигации) большинства ледников Северного массива хребта и метеорологические наблюдения в долине. Результаты этих работ легли в основу данной статьи.

СОВРЕМЕННЫЕ УСЛОВИЯ КЛИМАТА

Для климата горного хребта Сунтар-Хаята характерны четкие экстремумы температуры в январе и июле, минимум атмосферных осадков от минимума в феврале-марте и резкий их подъем летом с максимумом в июле, короткие переходные сезоны с частым чередованием заморозков и оттепелей. Крайне низкие температуры держатся в течение длительной зимы (7–8 месяцев), но они заметно выше, чем в Оймя-

коне. Орографические и синоптические особенности региона способствуют развитию **мощных температурных инверсий**, распространяющихся до высоты хребта. В результате зимней температура воздуха в верхних частях ледников на 20–30° С выше, чем в долинах. В теплый период года (апрель–октябрь) устанавливается нормальное распределение температуры по высоте (чем выше, тем холоднее) с достаточно большим вертикальным градиентом летом: 0.65° С/100 м – в высоко-

рье и $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ – в низко- и среднегорье.

Климатические условия высокогорья Сунтар-Хаята несколько отличаются от резко-континентального климата региона в целом: **только на высоте проявляется циклоническая деятельность** арктического и тихоокеанского фронтов. Воздушные массы охлаждаются лето в горах, продолжающееся с конца июня до начала сентября, уменьшая амплитуду годового хода температуры воздуха по сравнению с соседними долинами. Они же приносят осадки на склоны хребта Сунтар-Хаята. Благодаря потокам влаги высокогорье Сунтар-Хаята по количеству твердых осадков оказывается вполне сопоставимо с районами морского климата.

Ледниковая зона ограничена диапазоном высот 2000–2900 м над уровнем моря. Баланс массы расположенных там горно-долинных, каровых и висячих ледников заметно колеблется от года к году, нередко меняя знак годовых значений. При этом абсолютные величины **абляции** (убыль вещества в результате таяния и испарения) и **аккумуляции** (накопление снега) невелики, что служит показателем низкой энергии оледенения, характерной для континентального климата. Поскольку у ледников отсут-

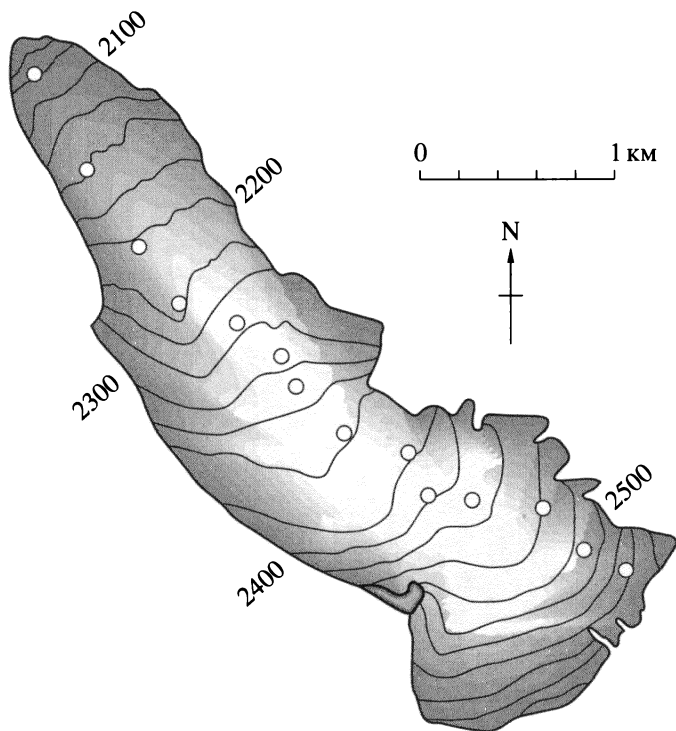
ствует фирновый слой, а климат – холодный, температура в толще ледника составляет -9°C .

Средняя высота ледниковой границы питания – 2310–2330 м. Она находится в нижней половине того интервала высот, в который входят ледники, т.е. они имеют орографическую базу для своего развития. Принимая во внимание устойчивое питание ледников и слабую абляцию, можно считать, что современное оледенение существует в достаточно благоприятных для него климатических условиях. Во всяком случае, наблюдения 1970 г. показали, что со времени МГГ никаких существенных изменений в состоянии и положении ледников не произошло.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ОЛЕДЕНЕНИЯ СУНТАР-ХАЯТА

Неоднократные оледенения в Северном полушарии в четвертичном периоде вслед за колебаниями климата испытывали существенные изменения, и временами ледники полностью исчезали.

Существуют разные, часто прямо противоположные, представления о размерах и тенденциях развития ледников в эпохи глобальных похолоданий. Теплые периоды меньше привлекали внимание палеогляциологов, но и здесь также остается много неясного. Например, в литературе встречаются различные точки зрения на вопрос, продолжали ли существовать при потеплениях климата значительно со-





Язык ледника № 31 (хребет Сунтар-Хаята), на котором проводились исследования российских и японских гляциологов летом 2001 г.

кратившиеся ледниковые покровы в Арктике или полностью исчезали, смогли ли пережить потепления ледники Сибири и т.д.

Традиционные палеогеографические методы изучения древних оледенений основаны на анализе литологии, рельефа, находок ископаемой пыльцы растений. По данным о содержании в породе радиоактивного углерода определяют возраст ледниковых отложений.

В настоящей статье представлен еще один подход – гляциоклиматический. Суть его состоит в

том, что климатическая реконструкция любого периода в прошлом, относящаяся к прибрежным и равнинным территориям, адаптируется к условиям снежно-ледникового пояса гор. Для этого используют современные причинно-следственные взаимосвязи климатических и гляциологических параметров. Гляциоклиматический метод для оценки древних оледенений в эпохи глобальных потеплений применен в исследовании оледенения хребта Сунтар-Хаята. Задача состояла в том, чтобы, используя эту методику, определить, могло ли существовать оледенение хребта Сунтар-Хаята в периоды значительных потеплений в прошлом – в оптимуме голоцена (5–6 тыс. лет назад) и миклулинского межледни-

ковья (120–130 тыс. лет назад). Оценки опирались на любезно предоставленные нам **палеоклиматические сценарии**, созданные в Институте географии РАН группой под руководством А.А. Величко на основе эмпирико-аналитических данных.

Общей палеогеографической картины эволюции оледенения Северо-Востока Азии до сих пор не существует. Отсутствуют какие-либо определения возраста древних оледенений, нет единого мнения об их количестве. Неизвестно и время возникновения горной системы Верхоянского хребта и примыкающего к нему более высокого хребта Сунтар-Хаята. По представлениям **Б.А. Корнилова**, глыбовые подвижки, сформировавшие современный массив Сунтар-

Хаята, относятся к концу неогена – самому началу плейстоцена (около 25 млн. лет назад). Верхоянские горы как орографически выраженная система, по данным **Г.Ф. Лунгерсгаузена**, образовались во второй половине среднего плейстоцена. Тогда, при соответствующих климатических предпосылках, в этих горах могло возникнуть оледенение. Впрочем, по мнению целого ряда исследователей, оледенение существовало еще раньше – уже во второй половине раннего плейстоцена, однако достоверных свидетельств до сих пор нет.

Примененный метод расчета абляции и аккумуляции по климатическим данным был проверен непосредственными наблюдениями за высотой границы питания и интенсивностью абляции-аккумуляции, проведенными в период МГГ. Полученные результаты показали расхождение всего 10 м и 15 мм, и это свидетельствует о том, что применение изложенного гляциоклиматического метода вполне обосновано.

Древнее (четвертичное) оледенение Сунтар-Хаята намного превосходило современное. Ледники в позднем плейстоцене спускались до высот 1400 м, достигали длины 20–30 км и оставили достаточно четкие геоморфологические следы в виде боковых морен и связанных с ними террас, троговых долин, остатков конечных морен.

Поскольку хребет Сунтар-Хаята сформировался не позднее среднего плейстоцена, то его оледенение

могло возникнуть еще до сильнейшего глобального потепления в начале позднего плейстоцена, называемого **микулинским межледниковьем**. Могли ли ледники сохраняться в этот период? Наши расчеты, с учетом климатического сценария **А.А. Величко**, показали, что шансы существования и исчезновения оледенения в микулинское межледниковье на хребте Сунтар-Хаята были равны. **Тогда январь был теплее, чем сейчас, на 6–7° С, а осадки были обильнее в 1.5–1.25 раза.**

При таких климатических условиях абляция должна быть существенно больше современной, а аккумуляция – лишь незначительно больше. Высота границы питания ледника могла располагаться при первом варианте количества осадков приблизительно на 400 м выше современной и достигать 2700 м над уровнем моря, при втором – на 300 м. Отклонения величин абляции и аккумуляции от нормы на границе питания ледника могли составлять примерно 250 и 300 мм соответственно. Такое существенное повышение границы питания, достигающее высот верховьев современных ледников, не позволяет однозначно ответить на вопрос о возможности существования оледенения в этот период.

Второй продолжительный период потепления, **климатический оптимум**, пришелся на голоцен – самый последний отдел четвертичного периода (**около 6 тыс. лет назад**).

В хребте Сунтар-Хаята в соответствии с выбранным палеоклиматическим сценарием увеличение температуры воздуха в этот период на 1° С было одинаковым в течение всего года. Менее точно сценарий определяет величину роста осадков: на большей части равнин Северо-Востока Азии он находился в пределах от 0 до 50 мм.

Мы рассмотрели **два варианта роста осадков** в сравнении с современными – 25 мм (в 1.12 раза) и 50 мм (в 1.25 раза).

При этих вариантах высота границы питания в голоцене должна была повышаться, по нашим расчетам, на 50–90 м. Можно полагать, что **ледники сохранились в условиях голоценового потепления**, но интенсивность ледникового массообмена по сравнению с современным его уровнем была несколько выше.

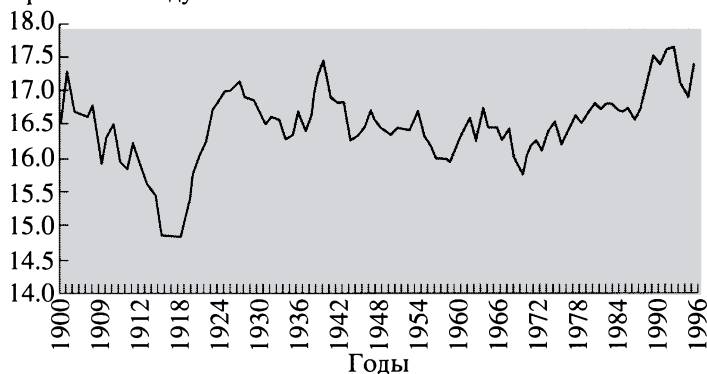
Расчеты по типичному леднику хребта Сунтар-Хаята говорят о том, что в оптимум голоцена оледенение этого района могло устойчиво существовать и даже увеличить свою активность. В то же время в Северном полушарии оледенение сильно сокращалось или даже исчезало вовсе.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Когда осенью 1959 г. закончились работы экспедиции “Сунтар-Хаята” по программе МГГ, решено было оставить в скважине глубиной 45 м вблизи области границы питания лед-

Средние пентадные (по пятилетиям) значения средней летней температуры по метеостанции Якутск в XX в.

Ср. лет. Т воздуха

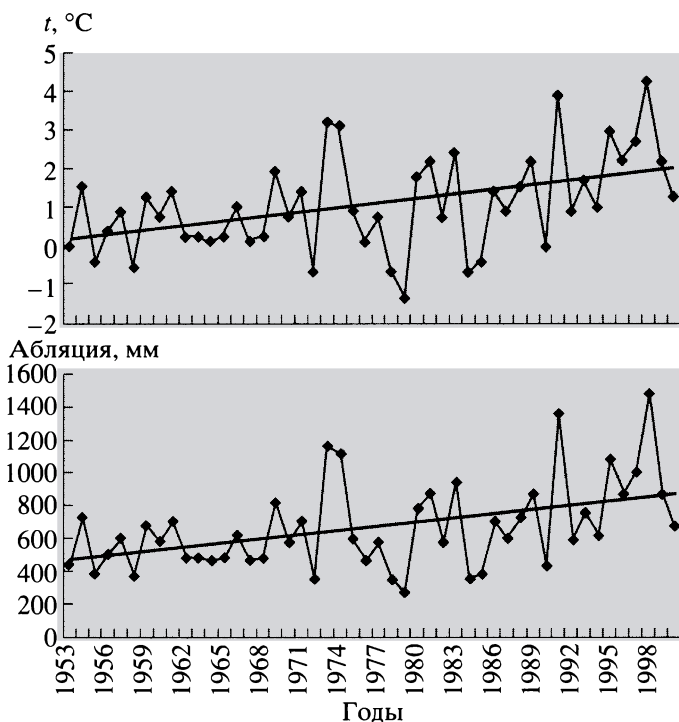


ника № 31 провод для оценки стаивания ледниковой поверхности в последующие годы. Длина провода была снова измерена в 1970 г. экспедицией Института географии РАН, в 1975 г. – группой туристов. В 2001 г. замер произвела экспедиция Института географии РАН и Института низких температур Университета Хоккайдо. Эти данные позволили рассчитать суммарные значения баланса массы ледника после МГГ до конца столетия. Положение ледника № 31 в 2001 г. определено с помощью теодолитной съемки. В результате наложения края ледника в плане и по высоте в 2001 г. на карту по съемке 1957 г. выяснено, что **со времени экспедиции МГГ ледник отступил примерно на 120 м.** Сокращение произошло в основном в последние 30 лет, поскольку до 1970 г. ледник отступил незначительно.

Показателем изменения климата в XX в. можно считать колебания температуры воздуха. Самый длинный ряд температуры воздуха региона принадлежит станции Якутск, ведущей наблюдения с 1895 г. Пер-

вые 20 лет прошлого столетия, по данным Якутска, отмечалось снижение на 2°C средней за лето температуры, в последующее двадцатилетие она, напротив, повышалась примерно на такую же величину и оставалась стабильно относительно высокой ($16\text{--}17^{\circ}\text{C}$) до начала 70-х гг. Далее отчетливо заметен **тренд к повыше-**

нию летней температуры более чем на 1.5°C за 30 лет. Колебания средней зимней температуры XX в. цикличны, они не согласуются с цикличностью летней. Положительный тренд 1970-х гг. продолжался, и увеличение средней зимней температуры к концу столетия вдвое превысило рост средней летней температуры.



Колебания средних летних температур на леднике № 31 в 1953–2001 гг., которым вполне соответствуют изменения в величинах абляции поверхности ледника № 31 в 1953–2001 гг.

Наблюдения на высокогорной метеостанции Сунтар-Хаята вблизи ледников Северного массива проводились начиная с 1957 г. Но поскольку корреляционная связь рядов средних зимних, летних и годовых метеостанций Сунтар-Хаята и Агаякан оказалась очень тесной (коэффициенты корреляции более 0.95), мы реконструировали ряды этих температур с начала 1950-х гг., когда была организована станция Агаякан, до 2000 г. Используя вертикальные градиенты для высокогорья и среднегорья и введя температур-

ную поправку на охлаждающее влияние ледника, мы установили, что положительный тренд средней летней температуры за последние 35 лет составил 4°C. Абляция за этот период в целом увеличилась на 400 мм, а средний многолетний "градиент" ее роста составил примерно 200 мм на 1° С.

Таким образом, при сохранении существующего температурного тренда **через 10 лет** средняя температура лета на леднике будет выше еще на 1° С. При таких условиях абляция **увеличится на 200 мм** и достигнет значений более

100 см, годовой баланс массы, т.е. **потери ледниковой массы в районе** составят 1.3–1.4 млн. т, а за 10 лет, соответственно, – **около 10.5 млн. т.** Нижний край ледника может отступить на 20–30 м. Эти оценки позволяют сделать вывод о том, что наблюдающееся потепление, возможно, "выходит за рамки" климата оптимума голоцена, но, с учетом результатов реконструкций, о которых шла речь выше, **ледникам хребта Сунтар-Хаята скорое исчезновение пока не угрожает.**

Информация

Какой толщины лед на Европе

Наиболее вероятной моделью Европы сейчас считается следующая: в центре – каменное ядро, а вокруг него – водяной океан, покрытый толстой ледяной скорлупой. Водяная оболочка Европы не промерзает до дна благодаря теплу, выделяющемуся при приливных деформациях, вызванных притяжением гигантского Юпитера (Земля и Вселенная, 1999, № 1).

Какую толщину имеет ледяной панцирь Европы? Первым источником сведений стали наблюдения космического аппарата "Галилео", выполненные в середине 90-х гг. Оказалось, что поверхность Европы покрыта ямами, холмами, пятнами и ку-

полами размером около 10 км и отстоящими друг от друга на 20 км. Предполагается, что это следствие конвекции, возникшей из-за разницы температур в нижнем слое и на поверхности, где температура – минус 170° С. Расчеты показали, что для подобной конвекции толщина слоя льда должна быть не менее 20 км.

Последующие снимки с "Галилео" позволили рассмотреть на Европе набор ям, холмов и пятен всех размеров. А это свидетельствовало о возможном протаивании нижних теплых масс сквозь всю толщу льда. Для осуществления такого процесса слой льда должен составлять не более нескольких километров. Кроме того, были обнаружены трещины, типа разлодов в нашем Северном Ледовитом океане, а это показывает, что, по крайней мере, в некоторых местах вода подходит к поверхности еще ближе.

Изучение кратеров с центральными горками дает несколько другой результат. Горки образуются, когда глубокий материал при падении небесного тела на поверхность резко вздымается. Математические модели, рассматривающие падение крупных тел на лед, показали, что для появления горки нужно, чтобы лед был толще 3–4 км.

Согласно вычислениям, сравнительно высокие (от 0.5 до 1 км) плато Европы и обширные ямы глубиной до 500 м могут существовать, если толщина окрестного оледенения превышает 6 км.

Итак, ответа пока нет, нужны новые наблюдения. Отметим, что вопрос о толщине льда имеет особое значение в свете возможности жизни на Европе (Земля и Вселенная, 1998, № 5).

Science, 2001, **204**, 1258, 1326

Дидактика астрономии: от XX к XXI веку

Е.П. ЛЕВИТАН,
доктор педагогических наук
А.Ю. РУМЯНЦЕВ,
доктор педагогических наук

Дидактика астрономии (методика обучения астрономии) – частная дидактика, включающая теорию и практику обучения астрономии и изучающая закономерности, пути и средства обучения, воспитания и развития учащихся в процессе обучения астрономии, определяющая объем и структуру содержания образования, методы и организационные формы преподавания астрономии. Какой была дидактика астрономии в XX в.? Какова она сейчас, в первые годы XXI в.? Какой она должна стать в наступившем веке? Подобные вопросы мы неоднократно обсуждали раньше¹, и вот теперь они снова актуальны.

ПРОШЛОЕ

Дидактика астрономии в дореволюционной России находилась на достаточно высоком уровне. В начале XX в. астрономию преподавали практически во всех типах средних учебных заведений России. Учебные программы различались между собой объемом, содержанием и размещением материала, способами преподавания. Существовало много учебников астрономии, написанных отечественными и зарубежными авторами (в 1900–17 гг. выпускалось 45 различных учебников космографии только на русском языке, некоторые из них – С.П. Глазенапа, К.Д. Покровского и С.В. Щербакова – переиздавались десятки раз)². Издавались карты звездного неба, вы-

пускались наглядные пособия, телескопы и подзорные трубы.

Цели преподавания космографии в средней школе формулировались следующим образом:

“Космография, являясь изложением главных законов космоса, охватывает физический мир в целом... В курсе космографии перед учащимися тот или иной физический закон разрастается за пределы физического кабинета до пределов целой Вселенной... перед учащимися происходит совместное действие различных физических, химических и механических законов... космография приобретает высокую эстетическую ценность, правильно преподаваемая, она внушает мысль о непреложности законов природы, невольно приковывает к себе интерес молодого ума и рождает у него массу новых вопросов... и не только может эти вопросы

¹ Е.П. Левитан. Школьная астрономия вчера, сегодня и завтра. “Земля и Вселенная”, 1978, № 3; А.Ю. Румянцев. История дидактики астрономии. Магнитогорск, МГПИ, 1999.

² Е.П. Левитан, Т.А. Никифорова. По каким учебникам обучали астрономии в начале XX в. “Земля и Вселенная”, 1999, № 6.

рождать, но и отвечать на них... Всецело опираясь на физику, космография в то же время и дополняет ее: уже одна обобщающая роль космографии выдвигает ее в качестве серьезного общеобразовательного предмета. Таким образом, цели преподавания элементарной астрономии или космографии: а) обобщение законов механики, физики и углубление их в представлении учащихся; б) сообщение приведенных в систему фактических сведений об окружающем мире"³.

В июне 1917 г. в Москве состоялось Всероссийское совещание преподавателей физики, химии и космографии. Его участники на стыке исторических эпох пришли к выводам:

"1. Совещание находит, что космография, разделяя со всеми естественными науками воспитательную и образовательную роль, имеет свое специальное высокое назначение: она формирует научное мировоззрение, представляет яркие образцы развития человеческой мысли и венчает собой реальное образование в средней школе.

2. Для успешного прохождения курса космографии в средних учебных заведениях необходимо обеспечить: а) в годы, предшествующие систематическому курсу, предварительное ознакомление

учащихся с небом и небесными явлениями и б) при прохождении систематического курса организацию наблюдений и, по мере возможности, постановку целесообразных практических занятий.

3. Совещание признает необходимым отвести на преподавание космографии 2 часа в неделю в средней общеобразовательной школе"⁴.

Анализ опыта преподавания астрономии в средних учебных заведениях дореволюционной России показывает, что можно довольно успешно преподавать астрономию в старших классах общеобразовательной школы в рамках самостоятельного учебного предмета или в курсе физики. Кроме того, удается выявить **сходство современных концепций астрономического образования с идеями преподавателей космографии и ученых-методистов начала XX в.** Однако анализ истории дидактики астрономии должен быть корректным, учитывающим, что совершенно иными по сравнению с современными была и сама астрономическая наука (в которой не было того, что мы сегодня называем астрофизикой, внегалактической астрономией и космологией, а космонавтика была уделом фантастов, "ученых-чудаков"), и общеобразовательная школа с присутствующими ей труднорешаемыми проблемами.

В течение первых десятилетий советской власти развитие дидактики астрономии в России претерпело коренные изменения. Главным достижением советского периода развития дидактики астрономии стала общедоступность астрономического образования, сменившая ее известную элитарность. В ходе многочисленных экспериментов 20-х гг. было доказано, что наиболее успешное качество обучения астрономии обеспечивается преподаванием астрономии в рамках отдельного учебного предмета, опирающегося на необходимый минимум математических и естественнонаучных, в первую очередь физических, знаний. В 30-е гг. этим требованиям лучше всего отвечал выпускной (десятый) класс.

Стандартизация учебного процесса привела к появлению единых школьных программ по астрономии и основного учебника, ограничению числа и разнообразия учебных пособий. В середине 30-х гг. это сыграло положительную роль, вызвав среди методистов своеобразное соревнование за создание лучшего учебника и программы, но затем стало тормозить развитие дидактики астрономии, ограничивая свободу преподавателей и методистов в разработке и применении программ, методов и средств обучения.

Содержание учебной программы в значительной степени определялось социально-экономическими, политическими

³ Труды Всероссийского совещания преподавателей физики, химии и космографии, 1917, 5-9 июня, в Москве. Под ред. А.А. Глаголевой, Е.Е. Дьяконова, С.Н. Жаркова и др. М., 1918, с. 216-225.

⁴ Там же, с. 236.

интересами и государственной идеологией, а также, конечно, уровнем развития астрономической науки и советской педагогики. Была сделана попытка создать лучшие в мире учебную программу и учебник астрономии, эффективно реализующие мировоззренческую и практическую направленность курса. Широко известным стал учебник М.Е. Набокова и Б.А. Воронцова-Вельяминова (который потом превратился в учебник Б.А. Воронцова-Вельяминова).

К концу 40-х гг. на десятилетия вперед определились основные формы, методы преподавания астрономии. Была сформулирована цель преподавания курса астрономии – формирование научного мировоззрения учащихся, выделены общеобразовательные, воспитательные и развивающие задачи обучения, определена структура курса, не претерпевшие кардинальных изменений на протяжении 50 лет. К преподаванию астрономии в школе стали готовить выпускников педвузов. В 1945 г. В.А. Шишаков – один из замечательных лекторов и научных консультантов Московского планетария – защитил первую в СССР кандидатскую диссертацию на тему “Основные вопросы преподавания астрономии в средней школе”. (Первая в нашей стране докторская диссертация по проблемам преподавания астрономии в школе была защищена через 46 лет...)

На протяжении 50-х гг. астрономы-методисты ра-

ботали над усовершенствованием программы и учебника астрономии и реализацией возможностей улучшения преподавания астрономии. В 1955 г. появилось первое в нашей стране пособие “Методика преподавания астрономии” М.Е. Набокова⁵.

В результате дидактика астрономии стала самостоятельной педагогической наукой, исследующей теорию и практику, закономерности, пути и средства обучения астрономии.

В 60-е гг. созданы предпосылки для коренных изменений в преподавании астрономии в средних учебных заведениях СССР. Начало космической эры, успехи СССР в освоении космического пространства вызвали огромный интерес к астрономии среди широких масс населения. Впечатляющие достижения астрономии надо было отразить в преподавании астрономии. Этого добивались Р.В. Куницкий, Б.А. Воронцов-Вельяминов, В.В. Радзиевский, Е.П. Левитан, благодаря усилиям которых курс астрономии стал почти целиком астрофизическим, но потом, к сожалению, астрофизический материал потеснили вопросы классической астрономии. Оставались почти безответными настоячивые требования астрономической общественности улучшить подготовку учителей астрономии, рас-

ширить курс и увеличить время на его изучение.

Вынужденная экономия учебного времени вела к конспективности изложения основных тем курса, формализации преподавания и падению интереса учащихся к изучению астрономии. Ситуация представляла астрономов-методистов и учителей-новаторов искать выход в создании новых форм работы с учащимися, максимального использования учебного времени и межпредметных связей.

Разрабатывались, проходили экспериментальные испытания, совершенствовались различные варианты новых программ и учебников по астрономии и интегративному курсу “Физика и астрономия”, обобщавшие в себе опыт десятилетий преподавания астрономии в донерестроечный период, включавшие сведения о новейших открытиях в астрономии и передовые идеи педагогики.

Перестройка оказала положительное влияние на реформу средней общеобразовательной школы, в том числе на преподавание астрономии. В середине 80-х гг. в преподавании астрономии в средних учебных заведениях СССР наметились положительные сдвиги. Были сделаны попытки решить многие проблемы, стоявшие перед дидактикой школьной астрономии.

1. Создать и внедрить новые учебники астрономии, сочетающие отличное изложение основных понятий и теорий курса, отра-

⁵ Многолетнее плодотворное сотрудничество с М.Е. Набоковым и В.А. Шишаковым помогло одному из авторов этой статьи издать в 1965 г. “Методику преподавания астрономии в средней школе”.

жающего новейшие достижения астрономии и космонавтики, с методикой изложения, обеспечивающего высокое качество усвоения учебного материала и способствующего развитию интереса учащихся к астрономии. Были изданы сначала в качестве пробных учебники по астрономии (Е.П. Левитана; А.В. Засова и Э.В. Кононовича; В.В. Порфирьева) и несколько хороших учебно-методических пособий.

2. До 1978 г. учителей астрономии готовил только Горьковский педагогический институт, позднее эта специализация появляется в учебных планах еще семи пединститутов: Московского, Ленинградского, Киевского, Ростовского, Ташкентского, Черниговского и Челябинского, а к 1980 г. их число увеличилось еще на три вуза: в Баку, Телави и Николаеве. Годичный прием в них (1985 г.) составлял всего 600 человек на весь Советский Союз. В 1990 г. астрономия преподавалась в 166 институтах Советского Союза. Учителей по специальности “физика и астрономия” готовили в 14 пединститутах. В значительной степени такой немалый успех в организации подготовки учителей астрономии был достигнут благодаря постоянным усилиям Учебно-методической секции ВАГО. Здесь уместно подчеркнуть, что этим не ограничивалась деятельность УМС ЦС ВАГО и учебно-методических секций отделений ВАГО в нескольких десятках крупнейших городов СССР.

К числу положительных результатов относится прежде всего существование самого предмета “Астрономия” в школе, издание (с 1965 г.) необходимого учителям и методистам журнала “Земля и Вселенная” (со специальной рубрикой “Астрономическое образование”), функционирование сети планетариев и народных обсерваторий.

3. Создавалась система технических средств обучения (ТСО) и учебного оборудования для удовлетворения нужд школ СССР в необходимых для обеспечения нормального хода учебного процесса. В этом неоценимую роль сыграл А.Д. Марленский.

4. Осуществлялся контроль преподавания астрономии в школах, запрещалась замена уроков астрономии другими уроками.

Середина 80-х гг. памятна и по широкомасштабной дискуссии о дальнейшей судьбе астрономического образования школьников. Идея объединения курсов физики и астрономии разделила всех ученых, астрономов-методистов и учителей на два непримиримых лагеря – сторонников и куда более многочисленных противников интеграции. Борьба между методистами НИИСиМО (НИИЮСО) во главе с Е.К. Страутом и рядом крупных физиков-методистов, с одной стороны, и астрономической общественностью страны, возглавляемой Е.П. Левитаном, – с другой, завершилась в 1991–1992 гг. реализацией школьной реформы, в которой большое значение

придавалось интеграции предметов.

В возникшей ситуации обозначились, но остались в подавляющей степени нереализованными по не зависящим от творцов причинам новые многообещающие идеи развития дидактики астрономии. Здесь уместно упомянуть вот о чем. Важным этапом развития дидактики астрономии 70–80-х гг. стало появление астрономии в учебных планах средних профессионально-технических училищ (СПТУ), выпускники которых получали выбранную ими техническую специальность и аттестат зрелости. Удалось разработать программу небольшого курса астрономии (всего 16 часов), выпустить несколькими изданиями оригинальный учебник и методическое руководство для учителей⁶. Реализуя идею о том, что образовательный курс астрономии должен завершать естественнонаучное и философское образование выпускников средних учебных заведений, ее автор добился, чтобы курс астрономии учащиеся СПТУ изучали после курса физики. В какой-то степени подобное решение проблемы тоже

⁶ Е.П. Левитан. Астрономия (учебник для СПТУ, 3-е изд., “Высшая школа”, 1998); Основы обучения астрономии, “Высшая школа”, 1987. (Часть первая – “Теоретические основы обучения астрономии” – специфика астрономии как учебного предмета, воспитание и развитие в процессе обучения астрономии, оптимизация процесса обучения; часть вторая – “Поурочный научно-методический анализ курса астрономии в СПТУ”).

можно было назвать “интеграцией физики и астрономии” в рамках единого учебного предмета. Однако данная “интеграция” не приводила к бессмысленному растворению астрономии в физике и представляла собой одну из перспективных моделей интеграции физики и астрономии⁷. Заметим, что до настоящего времени астрономия сохранилась в профессиональных училищах (ПУ) некоторых регионов России. Пожалуй, это неплохая ниточка, связывающая прошлое с настоящим...

НАСТОЯЩЕЕ

Современное, близкое к критическому, положение астрономического образования учащихся средних учебных заведений является одним из следствий сложной ситуации, в которой оказалась российская система образования после распада Советского Союза.

Качество астрономических знаний выпускников средних учебных заведений продолжает снижаться, что неоднократно отмечалось в докладах и отчетах различных комиссий, выступлениях и статьях представителей научной общественности. Выпускники средней школы недостаточно знакомы с достижениями астрофизи-

ки и космологии. Не зная основ астрономии, молодые люди легко попадают под влияние астрологов, колдунов, магов...

Отметим некоторые причины неудовлетворительного состояния школьной астрономии:

1. Изучение астрономии в основной (9-летней) школе не предусмотрено базисным учебным планом; в условиях профильной дифференциации астрономия исключается из списка учебных предметов в большинстве средних учебных заведений. Объем, содержание и число часов, отводимых на изучение астрономии в различных типах учебных заведений, созданных на базе общеобразовательных школ (в гимназиях, лицеях, реальных училищах и т.д.), существенно различны даже в рамках одного типа заведений. В гуманитарных классах и классах педагогической поддержки астрономия вовсе не преподается. Количество школ, в которых астрономия еще преподается в XI кл., сокращается⁸.

2. Недостаточна специальная подготовка большинства учителей астрономии, закончивших физи-

ко-математические (физические) факультеты педагогических институтов до начала 90-х гг., не только не владеющих методикой преподавания астрономии в школе, но даже плохо знающих свой предмет. В настоящее время в педагогических вузах России прекращен набор студентов в группы со специализацией “физика и астрономия”, а курс общей астрономии значительно сокращен и продолжает уменьшаться. Студентов не знакомят с основами методики астрономии. В результате выпускники физических и физико-математических факультетов педагогических институтов 90-х гг. знают астрономию хуже выпускников 80-х гг.

3. Ослаблено внимание к вопросам преподавания астрономии в школе со стороны органов народного образования. Нет квалифицированного контроля за качеством преподавания астрономии, нет учителей-методистов. В большинстве учебных заведений не хватает наглядных пособий, методической литературы и даже учебников. Выпуск ТСО сведен к минимуму.

4. Снижается интерес учащихся выпускных классов к изучению астрономии, хотя наличие такого интереса могло бы стать мотивом к учебе в школе.

5. Решение проблем астрономического образования страдает своего рода “перекосом”: имеются радующие всех нас успехи в работе с одаренными школьниками – любителями астрономии (олимпиа-

⁷ Е.П. Левитан. Обучение астрономии в СПТУ как перспективная модель интеграции физики и астрономии в школе. “Новые исследования в педагогических науках”, АПН СССР, 1990, № 1(55).

⁸ И все-таки школьная астрономия не прекратила свое существование. Из регионов поступают заявки на дополнительные тиражи учебника астрономии. Пытаясь их удовлетворить, издательство “Просвещение” оперативно выпускает одно за другим издания некоторых учебников, не успевая, к сожалению, внести необходимые изменения и дополнения (впервые это в некоторой степени удалось сделать лишь в 7-м издании учебника Е.П. Левитана, 2002/2003 уч. год).

ды, конкурсы, летние школы – В.Г. Сурдин, М.Г. Гаврилов, Н.Н. Гомулина и др.) и соседствующая с этим астрономическая безграмотность подавляющей массы выпускников общеобразовательной школы. Более чем слабым “утешением” могут стать данные о том, что даже 20% взрослых американцев не очень хорошо представляют, что вокруг чего движется (Земля вокруг Солнца или наоборот), и почти ничего не слышали о Копернике и Галилее...

По-видимому, назревает потребность в очередной “реформе” астрономического образования, поскольку школьную астрономию все-таки надо спасать!

Многие педагоги, астрономы и методисты ратуют за сохранение астрономии в качестве **отдельного самостоятельного учебного предмета при одновременном совершенствовании методики преподавания астрономии в старшем звене средней школы** (разработка новых дифференцированных учебных программ, улучшение качества учебников, повышение квалификации учителей и т.д.). Известным многим сборники учебных программ для общеобразовательных учреждений Министерства образования Российской Федерации содержат программы 35-часового курса “Астрономия” для старшего звена обучения в средних учебных заведениях разных типов (А.В. Засов и Э.В. Кононович; Е.П. Левитан) и программу курса “Вселен-

ная Человека”, разработанную Е.П. Левитаном для X–XI кл. (140 часов, по 2 урока в неделю). Для преподавания астрономии в школах используются учебники А.В. Засова и Э.В. Кононовича; Е.П. Левитана; В.В. Порфирьева, а также в очередной раз доработанный учебник Б.А. Воронцова-Вельяминова под редакцией Е.К. Страута.

Другие педагоги видят выход из сложившегося положения в **пропедевтике астрономических знаний в начальной школе, объединении курсов физики и астрономии на единой интегративно-гуманитарной основе с созданием качественно нового интегрированного курса “Физика и астрономия” в основной школе.**

Общие способы и конкретные пути последовательной реализации взаимосвязи курсов физики и астрономии в учебном процессе общеобразовательной школы и средних специальных учебных заведений исследовались в 80–90-е гг. Ю.И. Диком, Д.Г. Кикиным, Е.П. Левитаном, А.А. Пинским, А.Ю. Румянцевым, Е.К. Страутом и другими учеными⁹.

В настоящее время астрономический материал содержится во всех без исключения программах интегративных курсов начальной школы и курсах

физики VII и IX кл. основной и средней школы. В них традиционно предусматривается изучение некоторых астрономических сведений в разделах “Механика”, “Электричество и магнетизм” и “Геометрическая оптика”, но астрономии практически нет в разделах “Электродинамика” и “Атомная физика”, изучаемых в VIII, X и XI кл. Однако недостаточно просто включить астрономический материал в книгу, нужно обеспечить условия его изучения. В современных учебниках физики он “распылен”. Хотя обычное расположение его перед или вслед за соответствующим физическим материалом дает некоторые преимущества в его усвоении, отсутствие связей между отдельными высказываниями и отрывочность изложения лишает возможности обобщать астрономические знания и поэтапно формировать фундаментальные астрономические понятия, создавая в сознании учеников астрономическую картину мира. В большинстве учебников астрономические термины и понятия употребляются без определения и пояснений, зачастую с недостаточной опорой на “донаучные” астрономические знания учащихся; некоторые ошибки и неточности в тексте, рисунках и схемах не исправляются десятилетиями. Но главная беда в том, что астрономические сведения не выделяются и не обобщаются, внимание учеников и учителей не фиксируется на астрономическом содержании учебни-

⁹ А.Ю. Румянцев. Методические основы формирования системы астрономических знаний в курсе физики средней общеобразовательной школы. Докторская диссертация. Челябинск, 2000.

ков, при этом у них вырабатывается отношение к астрономическому содержанию учебников как второстепенному, не заслуживающему внимания, ненужному для физического образования.

Таким образом, как и опасались противники интеграции физики и астрономии, существующие учебники физики мало или вовсе непригодны для формирования астрономических знаний учащихся и требуют не только (и не столько) расширения их астрономического содержания, но и повышения эффективности усвоения того астрономического материала, что содержится в них уже десятки лет. Необходимы тщательная переработка и дополнение астрономического содержания учебников, изменение их структуры и, главное, разработка методики формирования астрономических знаний в курсе физики.

Наиболее обширное и систематическое включение астрономических сведений в физический материал осуществлено в программах интегративных курсов "Физика и астрономия" А.А. Пинского, Ю.И. Дика, коллектива авторов во главе с В.А. Орловым и курса "Физика и химия" А.Е. Гуревич, Д.А. Исаева, Л.С. Понтака. К сожалению, их учебники тоже не лишены существенных недостатков и требуют доработки, а сами программы не получили распространения в школах России.

Отсутствие пропедевтики астрономических зна-

ний в среднем звене основной школы отрицательно влияет на астрономические познания ее выпускников и затрудняет формирование астрономических знаний на ограниченном числе уроков астрономии в XI кл. Астрономическая неграмотность большинства выпускников средних учебных заведений, в которых астрономия не преподается отдельным предметом, становится почти неизбежной.

Казалось бы, научная работа по совершенствованию астрономического образования должна проводиться в рамках Российской академии образования. Но в настоящее время в составе достаточно большой Академии нет ни одного члена-корреспондента, который курировал бы эту проблему (?!). Похоже, что для РАО Вселенная – слишком мелкая тема...

БУДУЩЕЕ

Как бы ни называли XXI в., он будет веком **космическим**. Космос станут рассматривать как расширенную среду обитания человечества, а знания о нем станут одним из основных элементов образованности людей. Веря в это, мы сейчас прежде всего должны думать о том, как спасти школьную астрономию (Земля и Вселенная, 2000, № 1). Мы исходим из того, что преподавание астрономии в средних учебных заведениях, сообщение системы астрономических знаний подрастающему поколению не самоцель, а

средство его образования и развития, подготовки к будущей трудовой и общественной деятельности.

Содержание, структура и методика формирования системы астрономических знаний должны определяться:

1. Общим подходом к образованию подрастающего поколения: стратегическими и тактическими целями и задачами образования, воспитания и развития.

2. Особенности формирования научной картины мира и научного мировоззрения учащихся.

3. Анализом астрономической информации и специфических методов работы с ней.

Нужно обозначить "экологическую нишу" астрономических знаний в системе педагогики (учебных и иных дисциплин, составляющих основу системы дошкольного воспитания, начального и среднего школьного образования и обучения в педвузах), а также основ наук, обеспечивающих существование и развитие системы народного образования (психология, медицина и т.д.).

В ходе учебно-методического анализа содержания дошкольного, школьного и внешкольного образования необходимо вести поиск не тех мест в отдельных предметах, куда можно включить астрономический материал с наибольшей пользой для его восприятия, а тех, где изучение астрономического материала не только уместно, но и необходимо и дает наибольший эффект

для реализации целей и задач обучения, воспитания и развития подрастающего поколения.

Цель преподавания астрономии в современных общеобразовательных учебных заведениях – формирование научного мировоззрения на основе поэтапного изучения (с начальной школы) системы элементарных астрономических знаний о космических явлениях и объектах.

Что можно предпринять для улучшения в ближайшие годы астрономического образования?

1. Сделать астрономические знания обязательным компонентом обучения школьников, внося в федеральный Стандарт образования для средних учебных заведений соответствующие изменения.

2. Усовершенствовать специальную и методическую подготовку учителей астрономии, создав единую систему астрономического образования для студентов физико-математических (физических) факультетов педвузов. Для этого потребуется:

- увеличить объем и расширить содержание курса общей астрономии в целом до 200 часов, в том числе до 60–80 часов лекционных занятий при некотором сокращении числа практических и лабораторных занятий;

- ввести в учебные планы подготовки учителей физики изучение основ методики преподавания школьных предметов “Физика и астрономия” и “Астрономия” (20–30 часов

для всех студентов и 60–100 часов, в форме спецкурса, для желающих преподавать астрономию в школе после окончания вуза);

- начать подготовку учителей астрономии на факультетах дополнительных профессий;

- вернуть в учебные планы физических факультетов педвузов специальность “учитель физики и астрономии”;

- качественно улучшить соответствующую подготовку учителей физики и астрономии на курсах усовершенствования учителей.

3. Развивать теорию и практику обучения астрономии в рамках разрабатываемой сейчас нами новой концепции астрономического образования. На этом следует остановиться подробнее. Много лет назад нами была сформулирована суть стратегии методического поиска. Она заключается в необходимости сосредоточить внимание на адекватном переводе общедидактических и психологических идей и концепций на язык методики обучения астрономии как одной из частных дидактик, в том числе и идеи оптимизации учебно-воспитательного процесса (Земля и Вселенная, 1985, № 1).

В настоящее время огромную роль в оптимизации процесса обучения должны играть **компьютерные технологии**. Разработаны и тиражируются отечественные учебные компьютерные программы, созданные различными

коллективами авторов (Н.И. Гомулина, И.В. Паболков и др.), а также такие интерактивные энциклопедии на русском языке, как “Космос”, “Redshift-4” и др. К сожалению, в большинстве школ подобных ТСО просто нет, а там, где они оказались, возникают немалые трудности с методикой их применения в учебном процессе.

Немало вопросов возникает и с разработкой теоретических проблем дидактики астрономии. В последние годы защищен ряд кандидатских диссертаций, появляющихся довольно хаотично и оказывающих незначительное влияние на совершенствование теории и практики обучения астрономии, в то время как действительно актуальные темы остаются незамеченными соискателями¹⁰.

Но, конечно, ядром всего комплекса средств обучения остается **учебник астрономии**. Поэтому необходимо, во-первых, совершенствовать существующие учебники, во-вторых, создавать учебники нового поколения для общеобразовательной школы и, в-третьих, выпускать специальные учебники как для школ и классов с углубленным изучением физики и математики, так и учебники “для гуманитариев”. Над такими “специализированными” учебниками работают авторы данной

¹⁰ Е.П. Левитан. Наиболее актуальные темы диссертаций по методике обучения астрономии в школе. “Преподавание физики в высшей школе”, 2000, № 18.

статьи¹¹. Здесь очень важно реализовать в учебниках сформулированные нами идеи гуманизации и гуманитаризации астрономии.

Сказанное выше позволяет сформулировать основную проблему дидактики современной школьной астрономии. Она состоит в необходимости **совершенствования и обновления концепции астрономического образования и углубленной обработки вопросов, связанных с профильным дифференцированием обучения.**

Дискуссию о целесообразности интеграции астрономии с физикой и другими учебными предметами нельзя считать завершенной. Мы не исключаем, что грамотная интеграция может стать одним из возможных путей ликвидации

астрономической безграмотности выпускников школ и других типов средних учебных заведений. Однако даже с психологической точки зрения отсутствие в школе XXI в. предмета “Астрономия” (который был в школах XX в. и значительно раньше!) выглядит трудно объяснимым. Причем даже при реализации “системной пропедевтики” в рамках многих других учебных предметов, изучаемых во всех классах общеобразовательной школы и широком распространении факультативов (например, “Сказочная Вселенная” в I–III (IV) кл.; “Твоя Вселенная” в V–VII кл.; “Познаваемая Вселенная” в VIII кл.; “Человек и Вселенная” в X–XI кл.).

Вакуум, образовавшийся в связи с прекращением активной деятельности ВАГО в центре и на местах, вероятно, придется заполнить региональными Ассоциациями учителей астро-

номии и преподавателей педвузов. Такие Ассоциации, работая в контакте с местными институтами повышения квалификации работников народного образования, будут оказывать педагогам необходимую научно-методическую поддержку.

Прогнозировать на десятилетия вперед очень трудно, но мечтать или фантазировать просто необходимо. В частности, нам представляется, что в XXI в. астрономия станет не только обязательным, но и системообразующим учебным предметом! А сегодня необходимо добиться хотя бы того, чтобы школьники овладели минимумом знаний по астрономии¹².

¹² Е.П. Левитан. Системообразующая функция астрономии в комплексе учебных предметов XXI в. “Информатизация Вселенной”, 1997, № 4/5. Что нельзя не знать по астрономии, заканчивая школу. “Наука и школа”, 2000, № 6.)

¹¹ См., например, А.Ю. Румянцев. Астрономия. Магнитогорск, 1997.

Информация

Планета у красного гиганта

Открытие планет у других звезд (экзопланет) уже никого

не удивляет. Но до сих пор планеты находили только у звезд, похожих на Солнце. И вот недавно группа американских астрономов объявила о существовании планеты у звезды 1 Дракона, на расстоянии 100 св. лет от Солнца. Эта звезда намного старше Солнца, она уже вошла в стадию красного ги-

ганта, и ее радиус в 13 раз больше солнечного. Новое открытие важно тем, что оно доказало: планета на орбите, схожей с земной, может сохраниться при бурном превращении “своей” звезды в красного гиганта.

The Planetary Report, 2002,
XXII, 1

Симметрия планетарного рельефа Земли

Г. Ф. УФИМЦЕВ,
доктор геолого-минералогических наук
Институт земной коры СО РАН (г. Иркутск)

Рельеф земной поверхности (верхней границы литосферы) представляет собой результат деятельности внешних (солнечное излучение, атмосферные явления) и внутренних (тектонические перемещения, вулканизм и землетрясения, тепловой поток) процессов на нашей планете. В рельефе отражены неоднородности, заключенные в недрах Земли. Влияние эндогенных факторов особенно хорошо выражено на уровне планетарных форм рельефа: горных систем, равнин и междугорий, котловин окраинных и средних морей, континентальных массивов и ложа океана. Автор предлагает использовать геоморфологические материалы при решении обратной задачи – через определение порядка в структуре планетарного рельефа выявить особенности строения и динамики развития Земли.

Вид симметрии и ее нарушения служат показателями происходящих в недрах Земли движений.

НА ЯЗЫКЕ СИММЕТРИИ

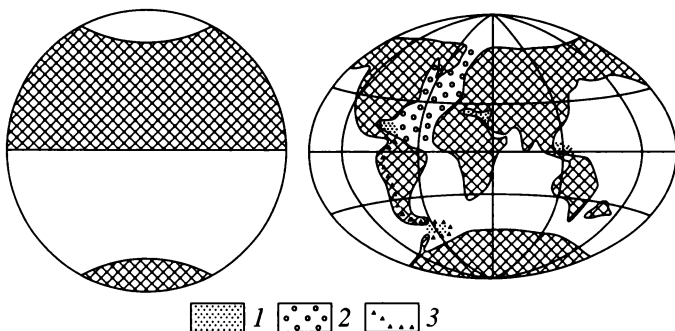
Научное познание проходит три стадии: наблюдение, обнаружение научного закона, открытие порядка (симметрии). Обычный глобус построен в соответствии с законом, описывающим фигуру и устройство поверхности Земли по верхним границам литосферы и гидросферы. Знание научных законов, особенно в графическом выражении, помогает подняться на треть ступень познания – сформулировать **устройство поверхности Земли на кратком и ясном языке учения о симметрии**. Это особенно важно при описании природных явлений со сложной структурой, например рельефа земной поверхности.

Конечно, описание структуры наблюдаемых явле-

ний на языке учения о симметрии требует основательной подготовки. Необходимо создание **структурно-морфологических моделей** наблюдаемых явлений с глубокой проработанностью языка изложения. Но прежде нужно войти в сложный мир учения о симметрии, понять суть ее преобразований.

Привлекательность учения о симметрии для геологии в том, что представление о том или ином объекте исследований **освобождают от случайных наслоений** и становятся реальностью. Описание структуры объекта на языке симметрии делает его строгим и обеспечивает эффективное сопоставление с другими, независимо полученными данными. Это особенно важно для геологии, где увлеченность историко-генетическими реконструкциями часто опережает структурно-морфологический анализ, и в таком виде они становятся более чем гипотетическими.

Идеальная, по И.И. Шафрановскому (слева), и реальная (справа) антисимметрии полушарий Земли (континентальные массивы заштрихованы): 1 – средиземные моря; 2 – Северо-Атлантический бассейн; 3 – Анды.



Геолог обычно оперирует представлениями классической (кристаллографической) симметрии, сформулированными Е.С. Федоровым. Учение о симметрии можно применить к описанию Земли в целом или рельефа верхнего ограничения литосферы. Но при этом мы неизбежно убедимся в необходимости применить идеи и язык других симметрий: подобия, цветной, криволинейной (в особенности **антисимметрии**, классическим примером которой является операция по выворачиванию черно-белых перчаток, А.В. Шубников, 1951). Природным объектам чаще всего свойственна **косяя, или криволинейная, симметрия**.

Попробуем разобраться с этими, может быть новыми для читателя, понятиями. Симметрию подобия иллюстрируют кубы со сторонами 2, 4, 8, 16... см – все они отличаются только размерами. Антисимметрию можно создать, вывернув черную перчатку с левой руки белым цветом наружу и надев ее на правую руку; мы осуществим операцию зеркального антиотражения. Цветной можно назвать симметрию, когда перчатки для левой и правой рук эквивалентны, но разного цвета.

Если же мы имеем пирамиду, четыре грани которой окрашены в зеленый, синий, красный и белый цвета, то при вращении пирамиды через 90° грани совмещаются, а их цвета изменяются. Самый общий вид симметрии – криволинейная, или косяя. В реальных фигурах, в частности в кристаллах, сохраняется постоянство углов между гранями. Но поскольку грани имеют разные размеры, при операциях вращения или зеркального отражения они совмещаются, хотя расстояния между соответственными точками изменяются, т.е. происходит сжатие или растягивание частей реальных форм.

Необходимо также помнить, что понятие о симметрии и ее частные случаи, включая цветную и криволинейную симметрии, эквивалентно порядку, присущему наблюдаемому явлению. Дисимметрия – это нарушение порядка, выпадение каких-либо отдельных элементов, асимметрия же (термин, столь любимый в науках о Земле) обозначает полное отсутствие порядка – хаос. Использование его для описания таких

объектов, как Земля или рельеф верхней поверхности ее литосферы, чаще всего неоправданно, поскольку речь идет, строго говоря, о нарушениях симметрии.

АНТИСИММЕТРИЯ ЗЕМНЫХ ПОЛУШАРИЙ

На поверхности Земли **чередуются широтные океанические и материковые пояса**: Арктический бассейн и Лавразийский материковый пояс Северного полушария, Южный океан и Антарктида в Южном полушарии. Такое расположение материковых и океанических поясов в полушариях повторяет классический пример антисимметрии – операцию по выворачиванию черно-белых перчаток. Но следует учесть, что реальная антисимметрия полушарий Земли далека от реальной из-за преобладания океанических пространств. При зеркальном отражении по экватору голубые океанические пространства сменяются на цвета материковых массивов.

Кроме того, южные материки образуют выступающие на юг углы, то же самое можно сказать и о сужающихся к северу океа-

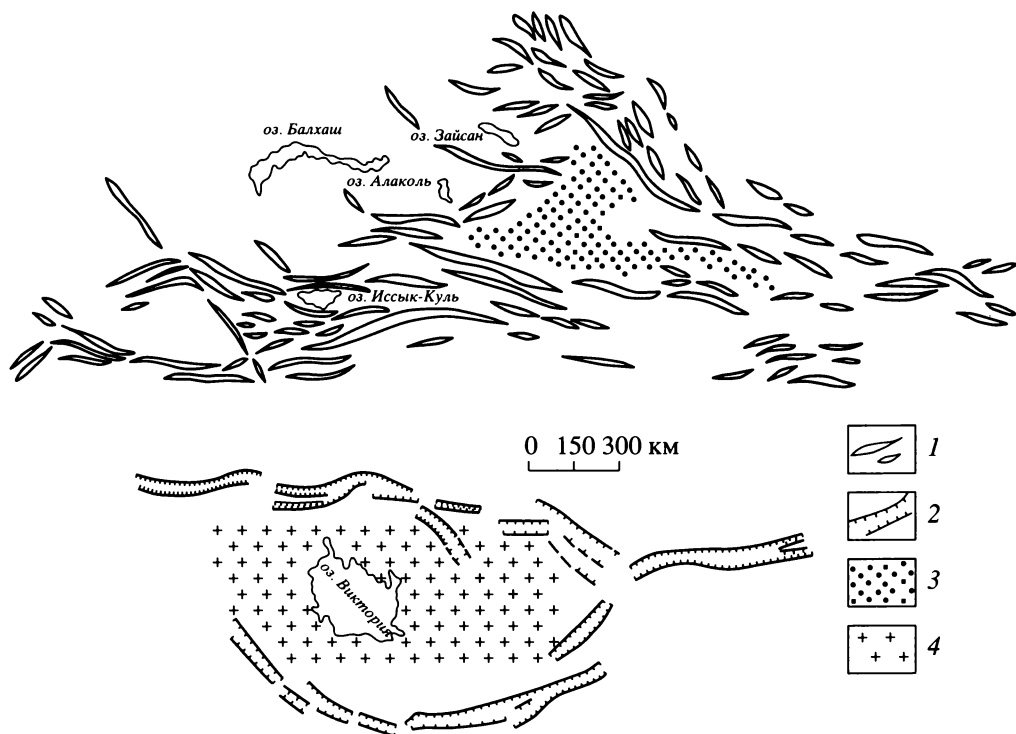
нах. В этой реальной криволинейной антисимметрии Земли привлекают внимание два обстоятельства. Первое: выдвигание на восток южных материков относительно основного (Лавразийского) континентального пояса, от которого они отделены полностью или частично средиземными морями. Второе: Северо-Атлантический бассейн рассекает Лавразийский материковый пояс и соединяет Арктический бассейн с Южным океаном. Форма Гренландии подобна южным материкам, а Северо-Атлантический бассейн вклинивается как секущий элемент в преимущественно материковое Северное полушарие. Этим осложняется общая антисимметрия полушарий Земли.

А есть ли антианалогичное Северной Атлантике включение в океаническое Южное полушарие? Да, есть. Это Южно-Американские Анды – единственный в Южном полушарии горный мегапояс, который соединяет Лавразийский материковый пояс с Антарктидой и сопровождается Средиземным морем Скоша, связанным с Карибским бассейном.

Таким образом, **общая антисимметрия Земли дополняется антисимметрией секущих элементов**, служащих соединительными звеньями между центральными элементами – Арктическим бассейном и Антарктидой – с родственными им поясами рельефа на противоположных полушариях Земли.

Секущие элементы соединяют их с аналогичными поясами противоположных полушарий. Характерно **левостороннее выдвигание на восток южных материков** относительно Лавразийского пояса и преобладание по площади океанических областей. Это определяет в целом криволинейную антисимметрию рельефа Южного и Северного полушарий Земли. Она дополняется противоположными по знаку формами. Основа рельефа Лавразийского материко-

Антианалогичные формы рельефа Земли: Центрально-Азиатский горный пояс (вверху) и Восточно-Африканская рифтовая система (внизу). 1 – хребты-поднятия, 2 – рифты, 3 – пониженные междугорья; 4 – возвышенные междугорья.

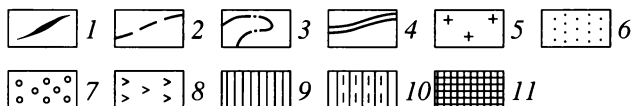
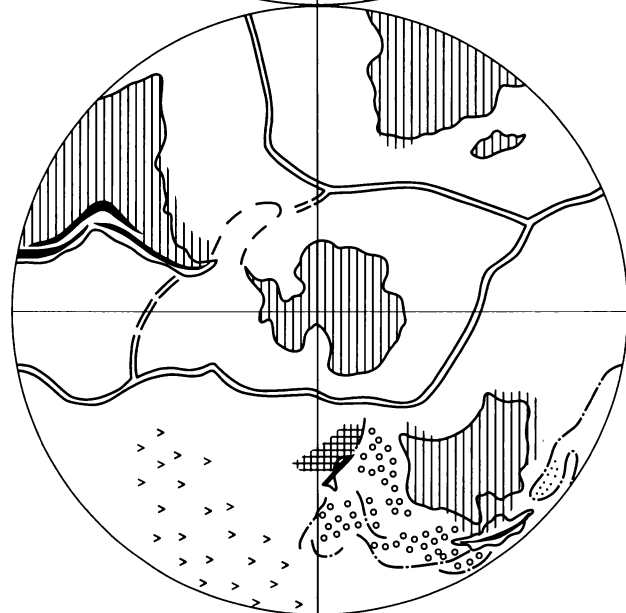
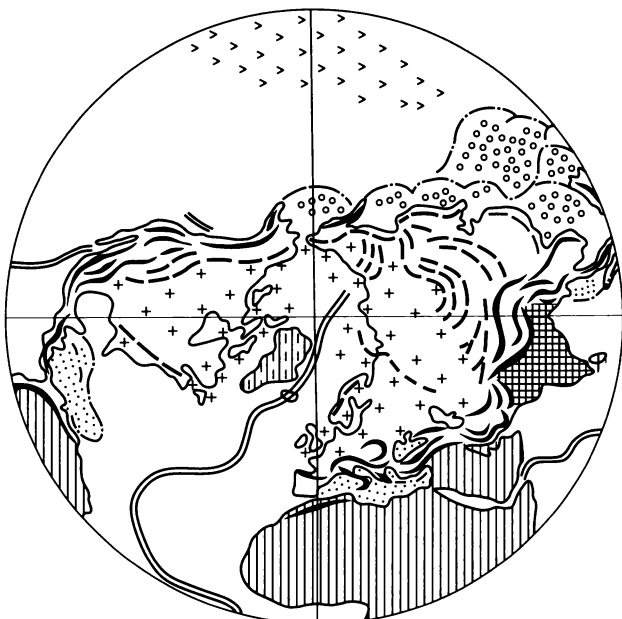


Рельеф полушарий Земли: 1 – молодые горные пояса; 2 – возрожденные горы; 3 – островные дуги; 4 – срединно-океанические хребты; 5 – материковые равнины; 6 – средиземные моря; 7 – окраинные моря; 8 – области подводных гор; 9 – южные континенты и субконтиненты, 10 – Гренландия, 11 – Новозеландский микроконтинент.

вого пояса – великие платформенные равнины, а стержневой элемент рельефа Южного океана – кольцо срединно-океанических хребтов, разорванное Северной Атлантикой, Андами, морем Скоша с окаймляющим его островодужным поднятием.

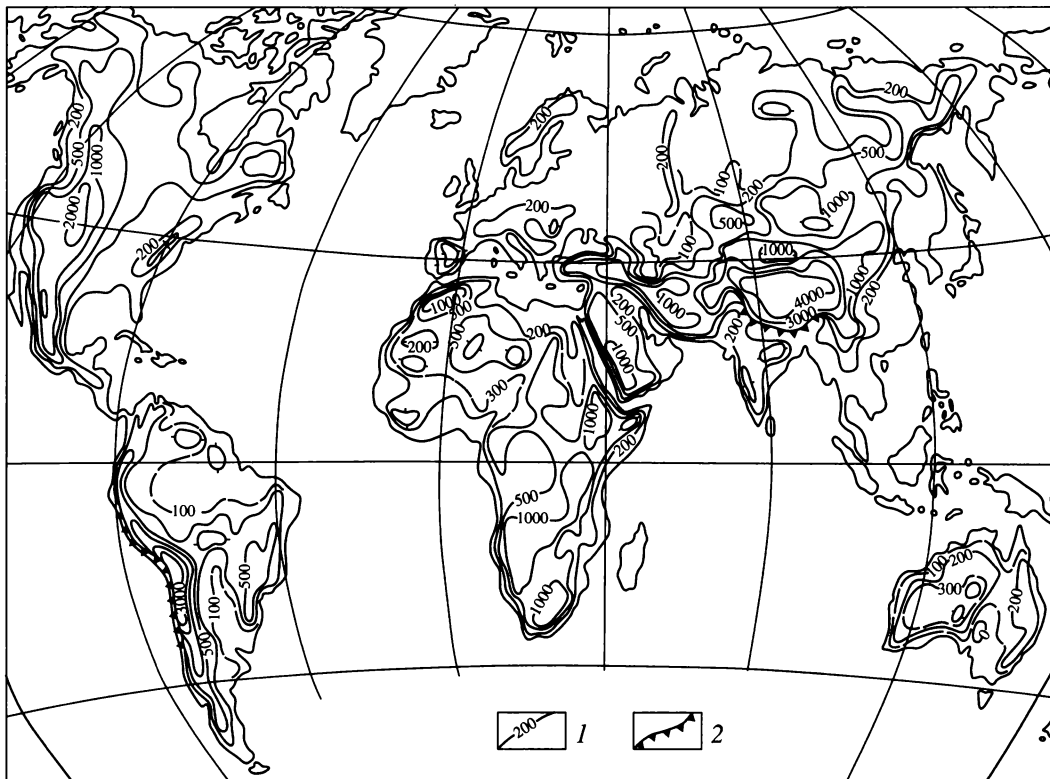
Другой пример антианалогичных форм – **Центральноазиатский горный пояс и Восточно-Африканская рифтовая система**. Это уникальные формы рельефа, имеющие одинаковый структурный рисунок, но составленные различными элементами. Центральноазиатский пояс образуют цепи хребтов и впадин зон тектонического сжатия верхних частей литосферы (Алтай и Тянь-Шань), обрамляющие пониженное Джунгарское междугорье. В Восточной Африке рифты охватывают с востока и запада высокое центральное междугорье вокруг озера Виктория и соединяются на юге.

Лавразийский широтный материковый пояс Северного полушария имеет концентрически-радиальное строение. С севера на юг в нем сменяются следующие элементы мегарельефа: великие плат-



форменные равнины, возрожденные горы, молодые (альпийские) горы и присоединенные к ним Аравийский и Индостанский субконтиненты.

Лавразийский материковый пояс **стремится к симметрии конуса**, отвечающей устойчивому образованию. Однако в данном случае симметрия непол-



ная, и ей свойственны две особенные плоскости. Первая из них проходит через Атлантику. Относительно нее в зеркальном подобии расположены аналогичные формы (географические гомологии): Урал и Аппалачи; Карибский и Средиземноморский регионы; аналогичные по устройству Монголо-Сибирский и Верхояно-Колымский пояса возрожденных гор и комбинации рифт Рио-Гранде – плато Колорадо и рифт Фэнвей – плато Ордос. Вторая особенная ось симметрии описывает зеркальное расположение в Евразии равнин Сибирской и Русской древних платформ с окраинными обрывами (эскарпами) северного склона плато Путорана и северо-западной

Скандинавии; сегментов Средиземноморского молодого горного пояса с высоким цоколем Азии (Тибет–Гималаи и горы Ирана и Малой Азии), субконтинентов Аравии и Индостана. Таким образом, реальная симметрия рельефа Лавразийской суши отвечает частной группе симметрии конуса.

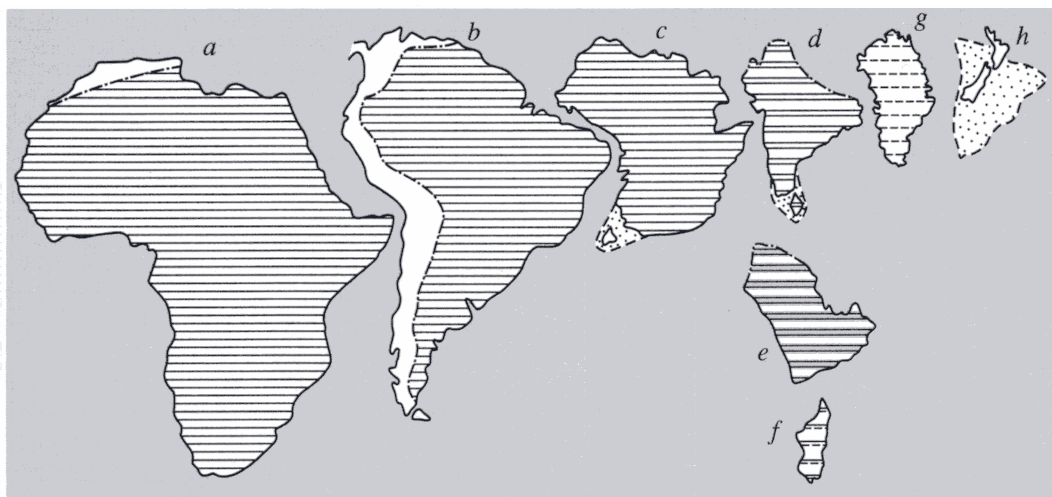
Рельеф Южного полушария в целом соответствует симметрии четвертого порядка. Здесь южные материка или их клиновидные выступы чередуются (через 90° по долготе) с меридионально направленными ветвями срединно-океанических хребтов. По обоим параметрам симметрия нарушается в Западно-Тихоокеанском регионе. Вместо меридиональ-

Главные базисные поверхности континентов: 1 – изолинии (в метрах); 2 – эскарпы (уступы).

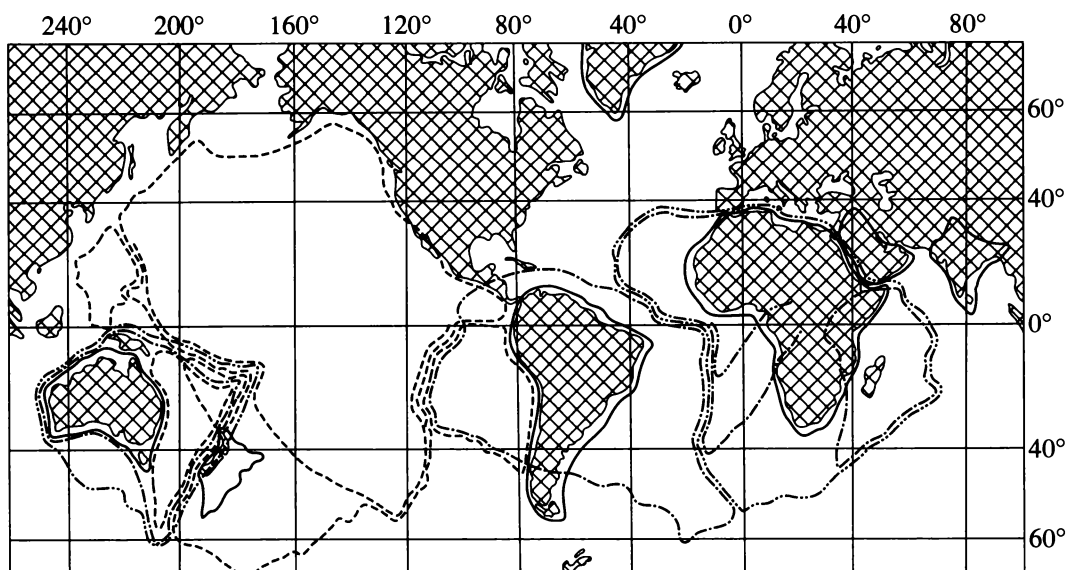
ной ветви срединно-океанического хребта здесь располагается **Западно-Тихоокеанский рифтогенный пояс** глубоководных котловин окраинных морей, а вместо “положенного” континента мы наблюдаем область распространения подводных гор, которую часто объединяют под названием “поднятия Дарвина”.

ВЕЛИКИЕ МАТЕРИКОВЫЕ РАВНИНЫ

Обращает на себя внимание различное высотное положение великих материковых равнин Северного



Аналогия и подобие форм континентов и микроконтинентов: Африки (а) и Южной Америки (b), Австралии (с) и Индостана (d), Аравии (е) и Мадагаскара (f), Гренландии (g) и Новозеландского микроконтинента (h).



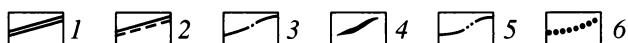
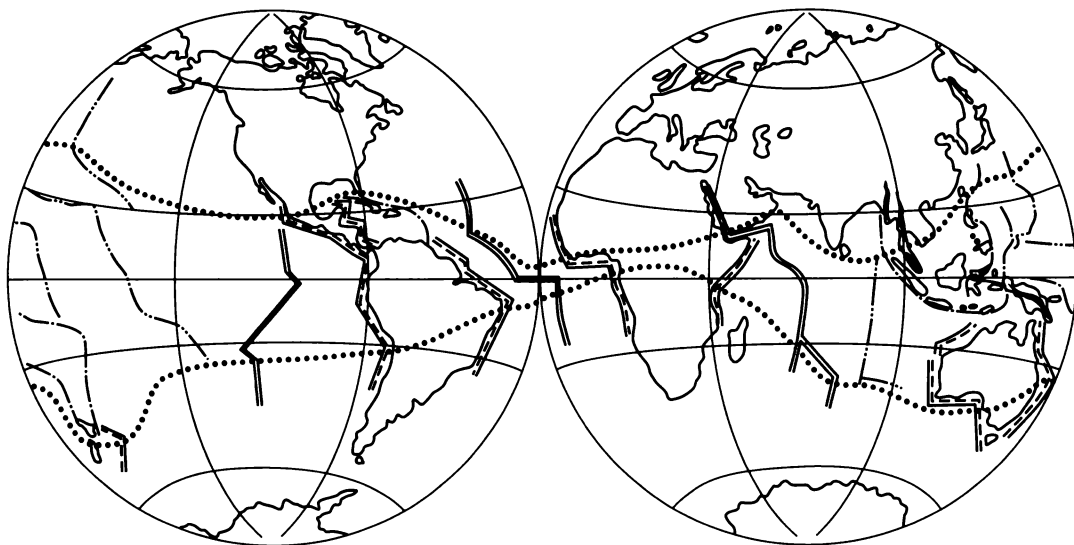
Горизонтальные выступы в рельефе Земли, выделенные по физико-географической карте. Из книги "This Dinamic Planet" (1989).

полушария (в Лавразии) и южных материков – осколков единого континента Гондваны. Реальный, наблюдаемый нами рельеф всегда располагается выше воображаемой **базис-**

ной (цокольной) поверхности континентов, касательной минимальных отметок рельефа. Цокольная поверхность отражает действие молодых крупномасштабных изостатичес-

ких перемещений литосферы над астеносферными слоями и линзами.

Великие платформенные равнины Северной Америки и Евразии занимают низкое высотное по-



ложение, их цокольные поверхности редко превышают 200 м. Это может быть свидетельством **охлаждения недр** под главной частью Лавразийского материкового массива.

В Южном полушарии наблюдается противоположное явление: высоты базисной поверхности менее 200 м здесь исключение, они свойственны лишь молодым впадинам в бассейне Амазонки и в Южной Австралии. Цоколь великих равнин южных материков обычно располагается на высотах более 300 м, а в Южной и Центральной Африке поднимается до 1000 м и выше. Это хорошее геоморфологическое свидетельство **интенсивных молодых изостатических воздыманий** южных материков над верхней мантией, насыщенной астеносферными телами.

Разновысотность цоколей платформенных рав-

нин дополняет общую антисимметрию рельефа Северного и Южного полушарий.

ЮЖНЫЕ МАТЕРИКИ
И СУБКОНТИНЕНТЫ

На **аналогию формы континентов** Африки, Южной Америки и Австралии обратил внимание еще Френсис Бэкон, затем о ней писали Элизе Реклю и Альфред Вегенер, построивший теорию перемещения материков. Всем земным материкам свойственна треугольная конфигурация, причем стороны обращенных на юг остроугольных окончаний вогнуты с запада и выпуклы на востоке. Такой же формой и ориентировкой обладают Аравийский и Индостанский субконтиненты, представляющие собой, вместе с южными материками, фрагменты расколовшейся Гондваны. Это же по-

Экваториальная система левосторонних ороклинов (изгибов горных хребтов); 1 – срединно-океанические хребты; 2 – угловатые изгибы границ континентов; 3 – островодужные поднятия; 4 – молодые горные поднятия; 5 – асейсмические океанические хребты; 6 – границы системы ороклинов.

добие формы распространяется на микроконтиненты (например, Новозеландский) и Гренландию. На языке симметрии, южные материки по форме связаны преобразованием трансляции, а в ряду континент – субконтинент – микроконтинент – преобразованиями трансляции подобия (для них характерно изменение размеров).

Но это еще не все. Выступы, подобные африканскому, распространены на Земле значительно шире, в особенности в Южном полушарии, и хорошо вид-

Фигура геоида (сплошная линия) на фоне сфероида вращения, по М. Ботту (1974), и строение мантии Земли на разных широтных разрезах (черным цветом показана астеносфера), по В.Е. Хаину и А.Т. Звереву (1991).

ны, например, на физико-географической карте Мира, изданной Смитсоновским институтом и Геологической службой США. Наиболее крупные из них занимают значительную часть Тихого океана. Они либо вложены друг в друга (Австралийский регион), либо образуют группы, элементы которых связаны отношениями антитрансляции (в Африканской литосферной плите).

СИСТЕМА ЭКВАТОРИАЛЬНЫХ ИЗГИБОВ

В экваториальной части Земли нередко выделяют **левосторонний широтный сдвиг**, причем указывается большая амплитуда его перемещений — до 5000 км (Д.К. Краузе, 1970). Но это уже область неоднозначных и непроверяемых реконструкций. В структурном отношении важно, что в экваториальной зоне Земли наблюдаются левосторонние изгибы срединно-океанических хребтов (**ороклины**) и границ пограничных зон южных континентов, островодужных систем и асейсмических океанических хребтов.

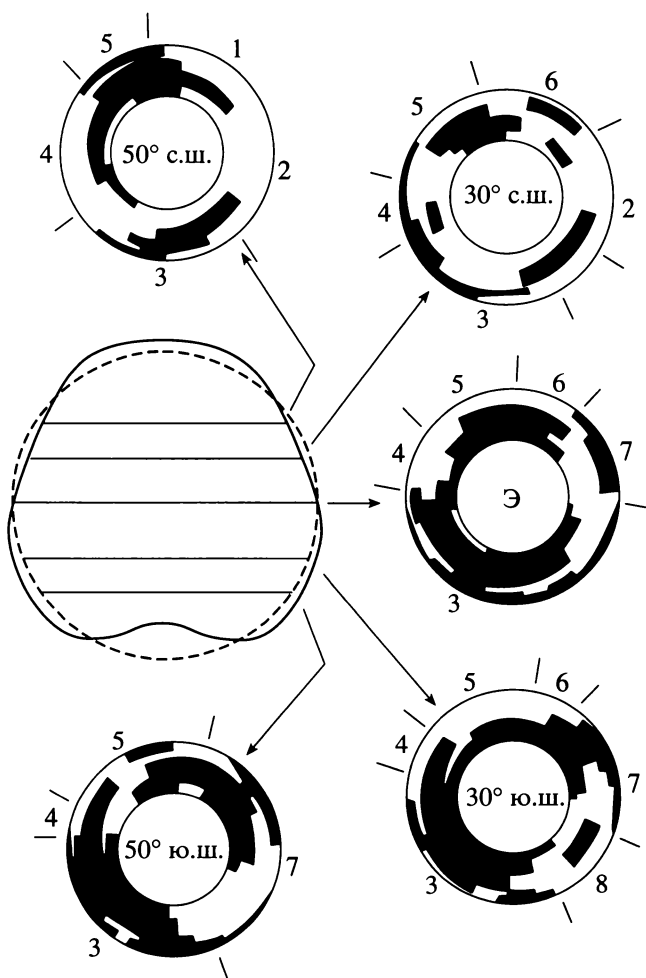
С наличием экваториального пояса ороклинов, видимо, можно увязать и левосторонние выдвижения южных материков от-

носительно Лавразийского материкового пояса.

Западная часть Тихого океана в структуре планетарного рельефа Земли примечательна тем, что именно здесь **нарушается его симметрия по различным параметрам**. Во-первых, в правильном чередовании южных материков через 90° долготы один элемент выпадает (либо существенно изменяется). Так, в Западной Пацифике меридиональные ветви срединно-океанических хребтов сменяются системой рифтогенных глубоковод-

ных котловин окраинных морей. Во-вторых, группы, включающие срединно-океанический хребет и вогнуто-выпуклые края южного континента, сменяются островной дугой с асейсмическим хребтом в системе экваториальных ороклинов.

Сложение частных нарушений симметрии в общепланетарную Западно-Тихоокеанскую диссимметрию структуры глобального рельефа позволяет, опираясь на универсальный принцип симметрии П. Кюри, предполо-



жить, что именно в **этом регионе протекают главные процессы преобразования лика и структуры недр нашей планеты.** Тем более что в западной части Тихого океана располагается крупнейшее поднятие геоида, свидетельствующее о насыщенности его мантии разогретым веществом.

ПОСЛЕПАНГЕЙСКАЯ ЗЕМЛЯ

На базе определения симметрии всего планетарного рельефа можно высказать **гипотезу, касающуюся динамики Земли.**

Современная Земля с ее рельефом сформировалась после раскола единого для всей планеты материкового массива Пангеи. Это результат альпийского геотектонического этапа, начавшегося в юрское время. Высокая симметрия его структуры показывает, что сейчас Земля представляет собой **геодинамическую систему, управляемую**, за исключением Западно-Тихоокеанского региона, **единым процессом.** Обратимся к анализу фигуры геоида и строению мантии Земли по результатам планетарной сейсмической томографии

(В.Е. Хаин и А.Т. Зверев, 1991; С. Каваками, 1994) и сопоставлению их со структурой ее современного рельефа.

Грушевидная фигура Земли соответствует общей антисимметрии рельефа полушарий: материковым поясам отвечают недостаточные высоты геоида по отношению к сфероиду вращения, а в океанических поясах поверхность геоида возвышается над сфероидом. При этом мантия океанического Южного полушария заметно более насыщена астеносферным веществом.

Такая согласованность структуры планетарного рельефа, фигуры геоида и строения мантии приводит нас к следующей гипотезе: **Земля разогрета и расширяется в Южном океаническом полушарии и относительно сжимается в Северном континентальном.** Благодаря ротационным процессам фигура планеты выравнивается посредством **перемещения масс с юга на север.**

Из этой гипотезы происходят два следствия:

1. В разогретом Южном полушарии цокольные поверхности материков изо-

статически подняты на значительные высоты.

2. Некоторое ускорение линейной скорости вращения в расширяющемся Южном полушарии определило формирование экваториальной системы ороклинов со значительными видимыми амплитудами горизонтальных изгибов форм планетарного рельефа. Сюда же следует отнести и кажущуюся левостороннюю выдвинутость южных материков относительно Лавразийского пояса.

Лавразийский материковый пояс представляет собой как бы ядро будущей Пангеи (единого материка), четвертой в геологической истории Земли. К нему уже присоединились гондванские субконтиненты, и стремятся это сделать южные материки. Но одновременно в планетарном рельефе мы видим начинающийся раскол будущего субконтинента: секущая Лавразию Северная Атлантика с Гренландией (возможно, "зародышем" Антарктиды будущего).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (99-05-65638).

При изучении проблемы поиска разумной жизни во Вселенной (SETI) естественно встает вопрос о том, насколько широко жизнь может быть распространена. В знаменитой формуле Дрейка есть коэффициенты, говорящие как о вероятности возникновения жизни на планете, так и о вероятности того, что жизнь может достичь своей разумной стадии. Такие расчеты, естественно, пока носят условный характер и включают огромное количество неизвестных параметров.

Решить глобальную задачу поиска жизни во Вселенной невозможно, если не понять: как же эволюционирует жизнь? Закономерно ли возникновение сложных (и, вероятно, разумных) ее форм? На что мы можем надеяться в наших поисках жизни во Вселенной? На эти вопросы авторы публикуемых статей отвечают с разных позиций.

Закономерность дарвиновской эволюции

А. Ф. ТОПУНОВ,
доктор биологических наук
Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН

Обсуждая, как эволюционировала уже возникшая жизнь, необходимо учитывать закономерности этой эволюции. Однако есть ли и могут ли вообще существовать та-

кие закономерности, и если есть, то каковы они? В этой статье мы очень кратко рассмотрим современное состояние эволюционной теории в биологии. Автор предупреж-

дает, что в отношении закономерностей эволюции живой природы он является непреклонным дарвинистом и постарается обосновать свою убежденность.

В РУСЛЕ ДАРВИНИЗМА

Не секрет, что в околонаучной литературе в последнее время появился весьма заметный крен в

сторону антидарвинистских теорий. Более того, у людей, мало связанных с биологией (даже у ученых других специальностей) порой возникает представ-

ление, что дарвинизм вообще устарел. Это далеко от истины. Многие биологи работают в русле дарвиновской теории (хотя, конечно, среди них есть и не-

дарвинисты). Я убежден, что каждое новое достижение современной биологии льет воду на мельницу именно дарвинизма, а не противоположных ему концепций. Предлагаю несколько вступительных замечаний.

Сегодняшний дарвинизм очень сильно отличается от дарвинизма XIX в. и даже начала XX в., а его противники порой вспоминают проблемы 150-летней давности, порой не зная (или не желая знать), что они уже давно решены. Противники дарвинизма выступают против положений, которые, по их мнению, присущи этому учению, хотя на самом деле они не являются для него обязательными, а приписываются ему часто по ошибке. Некоторые из таких случаев упомянуты в настоящей статье. Наконец, не надо забывать и о горе-дарвинистах, которые просто дискредитировали это учение. В качестве примера можно вспомнить Трофима Лысенко и его приспешников, называвших свое учение “творческим дарвинизмом”, в то время как чистой воды ламаркисты, они объясняли эволюцию исключительно воздействием окружающей среды. Большинство не- и антидарвинистов покушаются на основные принципы, принятые в дарвинизме: наследственность, изменчивость и отбор. Они считают, что те или иные позиции дарвинистов неоправданно гипертрофированы.

Период существования дарвинизма можно условно разделить на три эта-

па, примерно по 50 лет. На каждом из этапов он, как по-настоящему творческое учение, вбирая в себя все новые идеи биологии, обогащался ими. Благодаря этому решены проблемы, прежде казавшиеся вообще необъяснимыми.

Первый этап связан с именем Чарлза Дарвина и его первых последователей. Свою теорию Дарвин создал для истолкования колоссального экспериментального материала, к тому времени уже накопленного в биологии. Остается только удивляться, как ему удалось предвидеть огромное количество явлений и процессов, понятых лишь в самые последние годы при интенсивном развитии физико-химической биологии.

СИНТЕЗ ДАРВИНИЗМА С ГЕНЕТИКОЙ

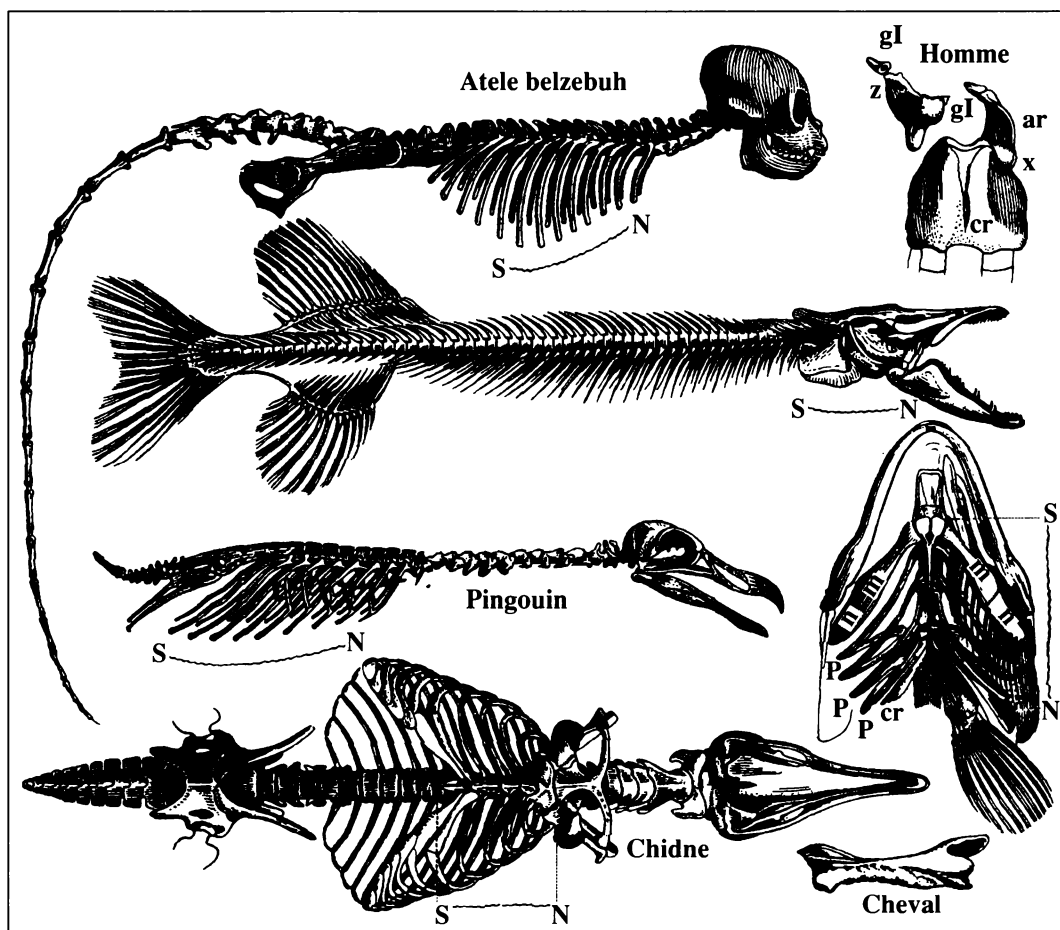
Второй этап дарвинизма (первая половина XX в.) ознаменовался союзом с генетикой, возникновением которой совпало с началом века, когда были переоткрыты законы Менделя. Отметим, что генетика зародилась как самостоятельный (изолированный) раздел биологии. Именно это, по мнению автора, явилось причиной недостаточного внимания к работам самого Грегора Менделя, выполненным в 60-е гг. XIX в. Поначалу многие считали, что генетика выступает против классического дарвинизма. Главный аргумент – существование мутаций. Была даже создана “мутационная теория”, согласно ей резкие

перемены в живых организмах происходят благодаря мутациям, а постепенные, медленные изменения уже не столь важны. Только в дальнейшем стало ясно, что мутации дают лишь дополнительный генетический материал, который потом проходит естественный отбор.

Однако противостояние генетики и эволюционной теории продолжалось недолго. В 20-е гг. возник синтез генетики и дарвинизма. “Синтетическая теория эволюции” с определенными изменениями господствует в науке до настоящего времени. Благодаря генетике удалось объяснить ряд фактов, которые у многих вызывали сомнение в правильности дарвиновской теории.

Существование генов как стабильных структурных единиц объясняло “неразбавление” признаков, когда какой-либо из них передавался через многие поколения, несмотря на смешивание с особями, не имеющими его. Этот факт волновал и самого Дарвина, который не смог дать ему удовлетворительного истолкования. Сегодня известно, что признаки вообще не разбавляются. Они либо передаются потомству, либо нет.

“Синтетическая теория эволюции” вобрала в себя достижения популяционной генетики. Взаимосвязь четырех факторов эволюции (по С.С. Четверикову) – мутация, изменение численности популяции, изоляция и отбор – позволяет понять и такие ранее трудно объяснимые явления, как,



Сравнение скелетов у представителей различных классов позвоночных (Ж. Сент-Илер, 1818 г.). Уже к началу XIX в. было известно потрясающее разнообразие на Земле живых организмов.

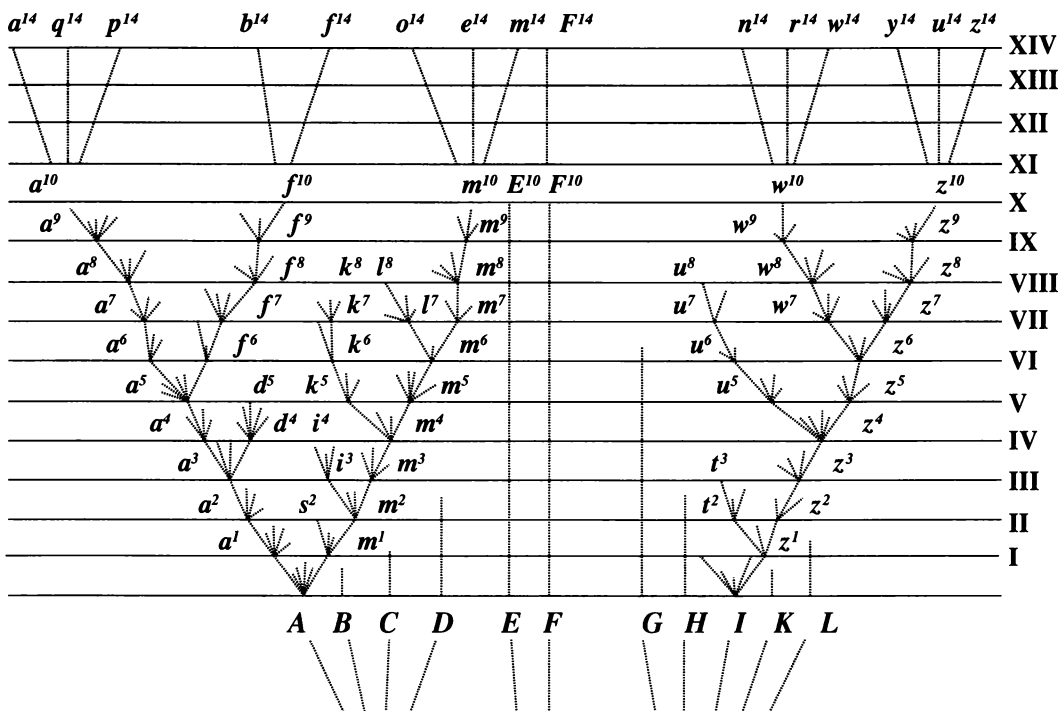
например, сохранение нейтральных мутаций. Кстати, до сих пор для некоторых оно противоречит дарвинизму, хотя его неизбежность подтверждают правильно примененные математические формулы.

Иногда сохраняются и признаки, на первый взгляд, просто вредные. Можно привести один любопытный пример. В ряде райо-

нов тропической Африки распространено наследственное заболевание – серповидноклеточная анемия. Из-за сдвига молекул в одной-единственной аминокислоте гемоглобина эритроциты больных трансформируются, становятся склонными к слипанию, что приводит к ухудшению функции крови, в некоторых случаях – к смерти. Кажется бы, крайне вредная мутация и ее давно должен уничтожить естественный отбор. Однако все не так просто. Оказывается, если организм гетерозиготен (т.е. получил от одного из родителей нормальный, а

от другого – мутантный ген), то он более устойчив к такой серьезной болезни, как малярия. Значит, на популяционном уровне выгодно сохранять эту мутацию в зонах распространения малярии, а Центральная Африка таковой и является.

В первой половине XX в. появились работы о размерах генов как структурных единиц. Наш знаменитый генетик Н.В. Тимофеев-Ресовский установил, еще не зная химической природы гена, что его часть, которая может измениться в результате мутации, состоит всего из 10 атомов.



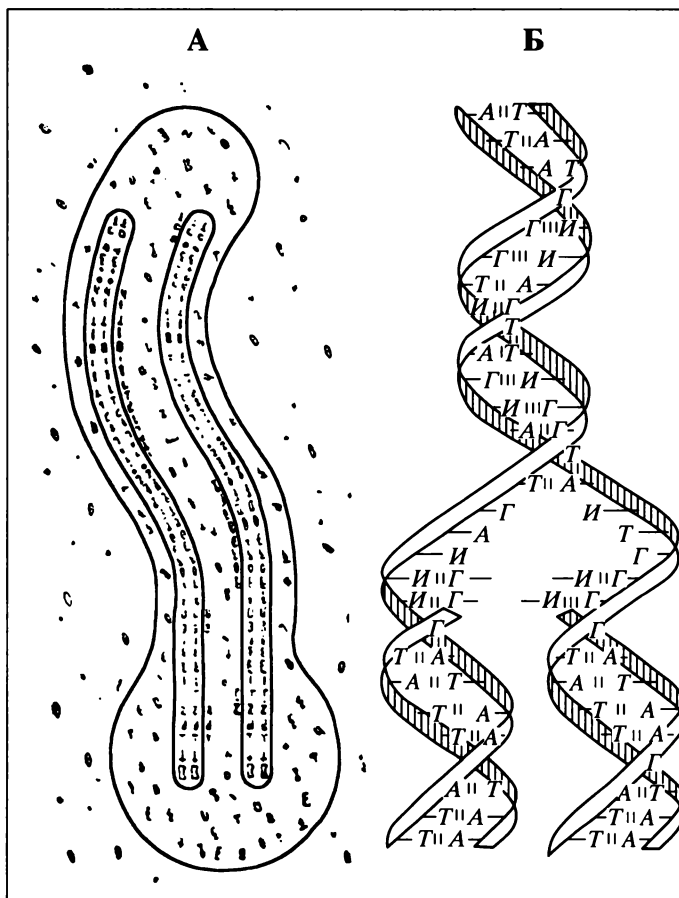
Если же учесть, что причиной мутаций могут быть различные типы излучений, становится ясно: мы имеем дело со столь малыми размерами, что должны принимать во внимание законы квантовой механики. Именно это объяснило факт случайной ненаправленной изменчивости, на которой настаивал Дарвин и которая резко противостоит целенаправленным изменениям, постулируемым рядом других эволюционных учений. После того как биологи научились получать искусственные мутации, удалось экспериментально доказать, что их возникновение — действительно случайный процесс и его можно просчитать с помощью современных математических методов. Удалось рассчитать, каким образом, например, интен-

сивность излучения, воздействующего на геном, будет влиять на частоту мутаций. При этом меняется частота, а не направленность мутаций, что еще раз подчеркивает справедливость идеи о случайности таких изменений у живых организмов.

Возражение против случайности изменений генома и сейчас встречается достаточно часто, особенно среди людей, не утруждающих себя изучением смежных областей науки. Для многих неприемлемым является признание факта вероятностной, непредсказуемой изменчивости (и, соответственно, эволюции). Тем не менее в природе имеется огромное количество истинно вероятностных процессов. Можно долго сокрушаться, что нам не пред-

Схема образования новых видов в результате дивергенции признаков и естественного отбора (Ч. Дарвин, 1859 г.). Согласно концепции Дарвина, в каждом поколении появляются особи, различающиеся по своим признакам, из которых выживают и дают потомство наиболее приспособленные.

сказать точно результат единичного бросания монетки и кости или вращения рулетки (именно поэтому казино процветают, а не разоряются). Однако в наших силах рассчитать вероятность того или иного результата. И в споре Альберта Эйнштейна с Нильсом Бором о том, "играет ли Бог в кости" (формулировка Эйнштейна), прав оказался Бор. Здесь такая же ситуация. Мы не можем с абсолютной точностью предсказать, какие изме-



Матричный синтез гена (А — Н.К. Кольцов, 1929 г., Б — Б. Дж. Уотсон, 1965 г.). Несмотря на отсутствие данных об "истинном" веществе наследственности — ДНК, Н.К. Кольцову удалось предложить концепцию, поразительно предвосхитившую современные представления.

нения произойдут в результате эволюции у разных организмов, но мы можем попытаться вычислить вероятность таких изменений и предположить, при каких условиях внешней среды какие изменения окажутся наиболее выгодными. И это не так уж мало. В данном

случае истинное незнание намного лучше ложного знания.

ПЕРЕХОД НА МОЛЕКУЛЯРНЫЙ УРОВЕНЬ

Третий этап дарвинизма начался во второй половине XX в. с возникновением и развитием молекулярной биологии. Все началось с определения структуры ДНК Уотсоном и Криком. Кстати, то, что именно ДНК является "веществом наследственности", — также сравнительно недавнее открытие. Это было окончательно доказано только в 1944 г. работами Эвери. Не удивитель-

но, что замечательный генетик Н.К. Кольцов, впервые выдвинув гипотезу матричного синтеза гена, в качестве такого вещества рассматривал белок. Генетик А.И. Опарин также в своей теории происхождения жизни на первое место ставил белок. Ведь оба события произошли за несколько десятилетий до работ Эвери.

В дальнейшем был расшифрован генетический код, показано, как кодируется структура белков, синтезируемых в живом организме. Совсем недавно ученым удалось прочитать уже весь геном человека.

Отмечу, первым гипотезу о том, что одну аминокислоту в белке кодируют три нуклеотида в ДНК, высказал человек, который должен быть хорошо известен читателям журнала. Это русский, а затем американский физик Г. Гамов. Мысль сама по себе достаточно тривиальная с точки зрения комбинаторики (двух нуклеотидов недостаточно, а четырех — слишком много), но ведь и тривиальную мысль кто-то должен высказать в первый раз.

Переход биологии (и дарвинизма) на молекулярный уровень позволил решить еще несколько спорных проблем. В 20-е гг. Н.И. Вавилов открыл закон гомологических рядов в наследственной изменчивости: у близких видов можно найти сходные формы, образовавшиеся в результате разных процессов. Для многих это стало доводом против дарвинизма, т.к. они увидели признак того, что эволюция направлена. Выяснение молекулярной природы гена показало, что у близких видов и строение генома должно быть похожим, поэтому возникновение аналогичных изменений должно происходить с большой вероятностью. Причем, чем ближе виды, тем больше будет сходство их разнообразия.

Чрезвычайно важным положением современной биологической науки является "центральная догма молекулярной биологии": наследственная информация может передаваться лишь от нуклеиновых кис-

лот к белкам, а не наоборот. Отсутствие фактов о возможной передаче наследственной информации в обратном направлении (более того, даже невозможность объяснить механизмы такой гипотетической передачи), доказывает правильность другого важного положения дарвинизма — невозможность наследственной передачи приобретенных признаков. Ведь если признак отразился лишь в структуре белков живущего организма и не закрепился в геноме, то он не может быть передан потомству.

Еще одно возражение, часто выдвигаемое противниками дарвинизма: маленькие изменения не имеют какие-то реальные преимущества для естественного отбора. Однако и оно не выдерживает критики. Во-первых, что такое маленькое изменение? Мутация всего одного гена может вызвать резкое изменение окраски (например, черной на белую). В данном случае незначительное изменение генома приводит к резкому для внешнего наблюдателя изменению фенотипа. Таким же "небольшим" является изменение, приводящее к упоминавшейся выше серповидноклеточной анемии. Во-вторых, естественно, что любой признак дает не абсолютное, а статистическое преимущество. Было экспериментально доказано, что бабочки даже со сравнительно небольшими различиями в окраске крыльев в разной степени привлекают птиц.

ЭВОЛЮЦИЯ ЖИЗНИ
НЕИЗБЕЖНА

Еще одно из возражений антидарвинистов: почему на Земле существуют одновременно и развитые, и примитивные виды? Они забывают о двух видах прогресса в живой природе, которые можно условно назвать биологическим — способность вида успешно развиваться даже при сравнительно низкой организации и морфофизиологическим, связанным со сложностью строения организма. В любой экологической нише живет тот организм, который к ней лучше всего приспособлен. Это может быть и пресловутый таракан (далеко не самый примитивный организм на Земле), и шимпанзе. Добавим, что с точки зрения морфофизиологического прогресса на Земле есть несколько вершин эволюции, а вовсе не одна (млекопитающие), как полагают многие. В связи с этим отметим очень любопытную работу, выполненную нашим биологом Б.М. Медниковым. Ему удалось с помощью компьютерной техники промоделировать некоторые этапы биологической эволюции. В его работе, как и реальной природе, имела место прогрессивная эволюция, т.е. из более примитивных возникали более развитые организмы. При этом в программу не нужно было вводить дополнительные параметры.

Еще одним заблуждением является точка зрения, что дарвинизм высту-

пает только за внутривидовую борьбу и не признает сотрудничества внутри вида. Совсем наоборот! Современная биология как раз постулирует важность выживания не отдельного организма, а целой популяции: помогающие друг другу организмы часто имеют серьезные преимущества. Неслучайно и человек возник в среде коллективных животных – приматов.

В связи с этим хотелось бы высказать одну мысль, которая ближе всего к теме поиска внеземных цивилизаций. (Я не первый, кто обратил на это внимание, правда, не уверен, что выводы у всех абсолютно одинаковые.) Мне кажется, что совсем не обязательно разумное существо должно было появиться среди приматов. На Земле есть несколько претендентов, которые вплотную подошли к рубежу разумности. Это организмы, во-первых, достаточно умные, а во-вторых, ведущие коллективный образ жизни. Кроме приматов, по мнению автора, это дельфины, слоны, псовые и врановые. Я не упоминаю коллективных насекомых, поскольку много дополнительных сложностей в формулировках и понятиях (например, кого в данном случае считать индивидуумом – муравья или муравейник?).

В некоторых случаях полезным может быть и межвидовое сотрудничество, в том числе и такая его развитая форма, как симбиоз. Есть достаточно убедительная гипотеза, что даже сами клетки высших организмов (растений и животных) возникли в результате симбиоза, а входящие в их состав органеллы (митохондрии и хлоропласты) когда-то были самостоятельными организмами.

Автор достаточно много говорил о возражениях против дарвинизма. Какие же позитивные альтернативы выдвигают его противники? Увы, по мнению автора, таких альтернатив нет. Все, что предлагается, – перефразировка взглядов, высказанных двести, а то и больше лет назад. Почти всегда антидарвинисты считают необходимым добавить к эволюционной теории то “стремление к прогрессу”, то некую “дополнительную программу”, необходимую для контроля над развитием живых организмов. Названий много, но, как правило, предлагающие их авторы не могут объяснить механизм прогрессивного развития. Им не удается связать абстрактные туманные формулировки с конкретными данными, полученными с помощью методов современной физи-

ки, химии, математики и биологии. При этом я отнюдь не хочу сказать, что все их попытки бесполезны. Порой они нужны для выявления слабых мест современной эволюционной теории, для активизации исследований, а иногда просто для получения дополнительных доводов в пользу дарвинизма.

Разумеется, в такой короткой статье невозможно охватить все проблемы и достижения современной биологии. Эти проблемы ученые решают, и у автора есть надежда, более того, уверенность, что этот процесс будет успешно продолжаться.

Противники дарвинизма часто утверждают, что это учение не может объяснить прогресс (развитие от низшего к высшему) в живой природе. Но для того чтобы объяснить разнообразие существующих на Земле видов, совсем не нужно придумывать какие-то дополнительные факторы, заставляющие эволюцию идти по определенному маршруту. Живая природа сама находит оптимальный путь. После того как жизнь на планете возникла, ее дальнейшая эволюция практически неизбежна, а вероятность появления высокоразвитых организмов достаточно высока.

Преформированная космическая эволюция

Ю.Г. СИМАКОВ,
доктор биологических наук
Московская государственная технологическая академия

В последние годы активизируется дискуссия между сторонниками дарвиновской теории эволюции и другими эволюционными теориями, которые, казалось, уже забыты и не принимаются большинством ученых. При этом вопросы онтогенеза, или индивидуального развития, отошли на второй план.

Однако если мы будем исходить из того, что эво-

люция творится в онтогенезе, нам придется привыкнуть с тем, что гены и дарвиновский отбор не являются ведущими факторами в любом развитии живой материи: ни в историческом, ни в индивидуальном плане.

Можно сколь угодно долго заниматься вопросами эволюции на молекулярном, геном или биохимическом уровне и брать в основу действие

отбора, но без интегрирующего и направляющего механизма, определяющего основной путь прогрессивного эволюционного развития и его конечную цель, проблему решить невозможно. Этот механизм – онтогенетические матрицы.

ЖИЗНЬ НА ВЕНЕРЕ

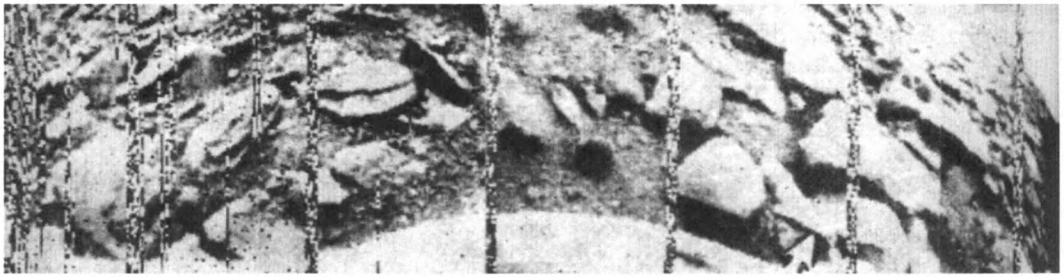
Открытие, сделанное 23 октября 1975 г., осталось практически незамеченным. Наша автоматическая межпланетная станция (АМС) “Венера-9” передала телевизионное изображение поверхности Венеры. Это была самая удачная из всех посадок космических аппаратов на ближайшую к нам планету. АМС угодила в ложбину, тогда как остальные аппараты садились на плато. На телевизионной панораме поверхности Венеры, полученной станцией, видны четыре одинаковые “раковины” – “камни”, как их называли астрономы, впервые увидевшие панораму Венеры. Но это не обыч-

ные камни: они одинаковой формы, а главное – у всех сходные выемки (щели), которые почему-то смотрят в сторону космического аппарата. Других камней такой же формы, но без щели, не заметно.

Эти венерианские образования очень напоминают земные раковины – ципреи, а морфология щелей у них просто идентична. Возможно, мы столкнулись с новой формой жизни?.. И у нас появилось первое доказательство единства форм жизни в космосе, а следовательно, и единой программы, по которой строят свое тело и эволюционируют живые существа? Астроном Л.М. Гиндилис предполагает, что это обычные окаменелости.

Но суть дела не меняется. Значит, моллюски в странных ракушках когда-то жили на Венере и развивались подобно земным. Анализ состава атмосферы Венеры привел к выводу, что сотни миллионов лет назад на Утренней звезде существовали заполненные водой океаны, не уступающие по мощности земным.

До настоящего времени не решены не только вопросы, связанные с эволюцией, но и вопросы индивидуального развития. Люди не знают, каким образом в нашем трехмерном пространстве создается живое тело. Мы находимся на том же уровне, что и 200 лет назад, когда французский биолог Шарль Бонье спраши-



Поверхность Венеры, сфотографированная спускаемым аппаратом станции "Венера-9" в 1975 г. Видны образования, похожие на земные африканские и тихоокеанские раковины. Что же это на самом деле? По-видимому, это венерианские "ракушки" или их окаменелости.

вал: "Так скажите мне, пожалуйста, каковы механизмы, управляющие формированием мозга, сердца, легкого и столь многих других органов?" Все эти органы развились в процессе эволюции. Значит, где-то записана программа и в эволюционном плане?

Да, по-моему, эволюция живой материи, так же как и индивидуальное развитие, **преформирована, т.е. предопределена.**

Я понимаю, что часть читателей сразу же спросит: кем? Для другой это не новость: давно существуют теории автогенеза и номогенеза. В них подчеркиваются наличие закономерностей филогенетического развития и их телеологическое завершение.

Первой группе читателей ответ будет простой. Если ученые признают строение атома и других элементарных частиц, то почему не ищут законы, по которым устроены эти час-

тицы? Те же самые физики или биологи не могут спокойно отнестись к наличию столь же точных и неизблемых законов филогенетического развития.

Конечно, трудно ответить на вопрос, как и кем создана информационная база законов филогенетического развития. То, что в этом принял участие Творец, — не каждый может воспринять. Проще, конечно, предположить, что все получилось само собой. Но почему бы не признаться, что мы еще не знаем законов эволюционного развития, а только делаем попытку наметить основные **информационные блоки**, управляющие эволюцией?

Ответ второй группе читателей заключен в понятии **преформированной эволюции**. Основное, что хочется сказать: эволюция материально творится не на небе, а в онтогенезе (индивидуальном развитии организма), и управляет ею дискретная информационная программа, в которую заложен весь путь развития живой материи. Такой подход позволяет вскрыть проблемы эволюции с информационной точки зрения и охватить филогенез и онтогенез как единое целое.

Борьба между сторонниками теории преформации и эпигенеза в эмбриологии длилась столетиями. Сначала побеждали преформисты. Они говорили: в половых клетках уже все заложено, эмбриону надо только дорасти до нужных размеров. Затем теория преформации была заменена, как казалось, более прогрессивной теорией эпигенеза, согласно которой все строится заново, все пространственно разворачивается... И вдруг возникает генетика, утверждающая, что все развитие организма преформировано. Прошли годы, многие эмбриологи встали на эту точку зрения. А вот в теории эволюции многие так и сохранили верность эпигенезу, утверждая, что развитие идет благодаря отбору в борьбе за существование (по Дарвину) или в результате тренировки органов и стремления к совершенству (по Ламарку). Но это только видимая часть айсберга. Суть подобных взглядов — адаптационизм: организмы приспосабливаются к окружающей среде, которая их формирует и стремится к прогрессивному развитию всего живого.

Пришло время нового, **информационного подхо-**

да к эволюции. Теоретический и экспериментальный анализ полученных биологических данных уже позволяет сказать: преформированная эволюция творится дискретно в онтогенезе за счет реализации информации, заложенной в пространственных матрицах, предопределяющих путь дальнейшего развития жизни.

ЖИЗНЬ НЕ ВОЗНИКАЕТ
СЛУЧАЙНО

Прежде чем говорить об общей проблеме эволюции живого, попробуем разобраться, как возникла жизнь на Земле. Может, даже занесена “со стороны”. В последнее время очень много говорят и пишут о зарождении жизни в результате саморазвития. Если мы признаем, что жизнь способна к самозарождению, то придется согласиться с тем, что возникновение **биологической организации** происходит случайно, путем “проб и ошибок”, и эта случайность ведет к невероятному увеличению информации в живых организмах по сравнению с мертвой природой.

Однако возможно подчитать, пусть даже приблизительно, вероятность случайного возникновения жизни. Такой расчет сделал Генри Кастлер, один из пионеров применения теории информации к биологии, в книге “Возникновение биологической организации” (1964). Он допускает, что были уже готовы “строительные блоки” аминокислоты, плавающие в густом теплом солюна-

том бульоне, из которых могла бы возникнуть жизнь. Но и тогда, если даже предположить, что число случаев, ведущих к соединению органических молекул в живую структуру, завышено и равно 10^{46} , **вероятность возникновения жизни приблизится к 10^{-255} .** Для реализации этой возможности необходим период, во много раз превышающий время существования Земли. Отсюда следует, что жизнь на Земле, как и в космическом пространстве, появилась не случайно. Земная форма жизни возникла единожды, и она имеет **общее для всей Вселенной происхождение.**

По мнению великого русского естествоиспытателя В.И. Вернадского, жизнь не имеет начала и конца, как и сама материя: “Жизнь вечна постольку, поскольку вечен Космос, и передавалась всегда биогенезом”.

Многим известна гипотеза панспермии, которая предполагает распространение жизни в космическом пространстве (Земля и Вселенная, 2000, № 5). Одни исследователи считают: жизнь переносится с планеты на планету семенами, спорами, вирусами, наконец, обрывками молекул ДНК или белка, что вполне возможно при попадании на другую планету углеродистых метеоритов. В настоящее время есть даже гипотеза, что инопланетяне вносят свою лепту в процесс переноса жизни в космосе. Но это все отвлеченные взгляды, которых придерживался и

В.И. Вернадский. Для того чтобы через бездны космического пространства перенести материальные носители биологической информации, потребуются сотни, а может, и миллионы лет.

Можно предположить, что переносятся не материальные частицы, а своеобразные “сгустки” – корпускулы. Транспортируется информация о том, “как устроена жизнь”. Биоэнергетик В.Н. Пушкин в свое время предложил термин “формо-голограммы”, по аналогии с голограммами, используемыми физиками. Я думаю, что правильнее называть их биологическими или онтогенетическими **информационными матрицами.** Их особенность – не только индивидуальная целостность, но и системная соподчиненность. Она может выражаться в том, что сами онтогенетические матрицы состоят из субъединиц, которыми могут обмениваться организмы различного систематического уровня, образуя либо промежуточные, либо конвергентные формы. Последние возникли на Земле в результате эволюции или реализации программ онтогенетических матриц.

Таким образом, вырисовываются три научных направления, объясняющие возникновение жизни на Земле. Первое – теория, выдвинутая **А.И. Опариным** и рядом других ученых: жизнь возникает спонтанно, за счет самозарождения, вся предбиологическая эволюция проходит эпигенетически, путем по-

Раковина южно-американского моллюска скарабуса. На каждой пластинке повторяется один и тот же рисунок в зависимости от площади "экрана". Это указывает, что информация рисунка передается вся в целом, одной матрицей.



степенных изменений. Вторая точка зрения (преформистская) — жизнь на Земле возникает за счет формо-голограмм, привнесенных извне, и далее развивается по определенным законам. Третья гипотеза, предложенная мной, тоже основана на теории преформации, но более глубокой. Преформированы не только возникновение жизни, но и **весь путь эволюционного развития** за счет набора онтогенетических матриц, пространственная информация которых реализуется в процессе эволюции и в онтогенезе, например у моллюска скарабуса. Живые существа при этом как бы осваивают пространственную матрицу, стремятся выполнить ее программу и перейти к следующей, более сложной матрице. С этой точки зрения, возникновение жизни и дальнейшая эволюция преформированы, но не какими-то особыми программами, а **онтогенетическими информационными матрицами**. Онтогенез — основа прогрессивной эволюции.

По мнению палеонтологов, вещественные предпосылки жизни на Земле начали появляться 4500 млн. лет назад, когда у Земли уже образовалась первич-

ная атмосфера. Извержения вулканов и мощные электрические разряды молний способствовали появлению не только малых, но и полимерных молекул органического вещества. Примерно через 1000 млн. лет произошла стабилизация органической системы и сформировались первые осадочные породы. Сейчас в них уже найдены ископаемые остатки проклеток. Возникновение органических систем указывает на первый важнейший этап происхождения жизни. Спустя еще 500 млн. лет в особых породах, называемых **строматолитами**, представляющих собой слоистое отложение карбонатов, появились сине-зеленые водоросли. Возникшие, скорее всего, 2200 млн. лет назад, они так похожи на современные водоросли, что могут быть определены систематиками растений.

Палеонтологические исследования не дают нам ответ на вопрос о том, как же возникла жизнь. А.И. Опарин предлагал в качестве модели прокле-

ток **коацерваты** ("капли жизни"). В подкисленной среде с высокой концентрацией макромолекул белка и солей действительно образуются коацерватные структуры, по размерам напоминающие живые клетки. Их легко получить в лаборатории. Достаточно смешать разбавленный раствор желатина (белок) и гуммиарабика (полисахарид). В подкисленной среде начинают осаждаться коацерваты. Но это только моделирование живых существ. На самом деле все значительно сложнее. Для формирования коацерват требуются очень высокие концентрации полимеров, а сильно разбавленный бульон первобытного водоема содержал низкие концентрации органических соединений. Этот концентрационный разрыв — первое препятствие, которое не позволяет объяснить механизм возникновения жизни.

Но допустим: "капельки жизни" возникли. Дальнейший синтез органики и создание себе подобных в

разбавленном бульоне осуществлять невозможно.

Сделаем еще одно допущение. Представим, что жизнь возникла в неглубоких водоемах, в которых вода могла испаряться, а органические вещества концентрироваться. И опять факты не дают нам возможности утверждать, что именно таким путем возникла жизнь. В том же водоеме, где концентрируются органические вещества в результате испарения воды, накапливаются и соли. Только их концентрация будет в 10 000 раз выше, чем концентрация органических соединений. Новая трудность: аминокислоты будут сталкиваться с молекулами соли в 10 000 раз чаще, чем с молекулами аминокислот. Даже если коацерваты все-таки образовались за счет случайных столкновений, они быстро исчезли: жесткое ультрафиолетовое излучение от Солнца разрушает все, что сконцентрируется на дне лужицы при испарении воды.

Так жизнь возникнуть не могла. Только готовые **информационные биоматрицы**, организованные подобно тем программам, которые заложены в компьютеры, могут стать основой жизни.

МНОГОКРАТНОЕ
ПРОИГРЫВАНИЕ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ
БИОМАТРИЦ

Сходство форм у живых организмов с древних времен поражало воображение человека. Оно было названо **конвергенцией**

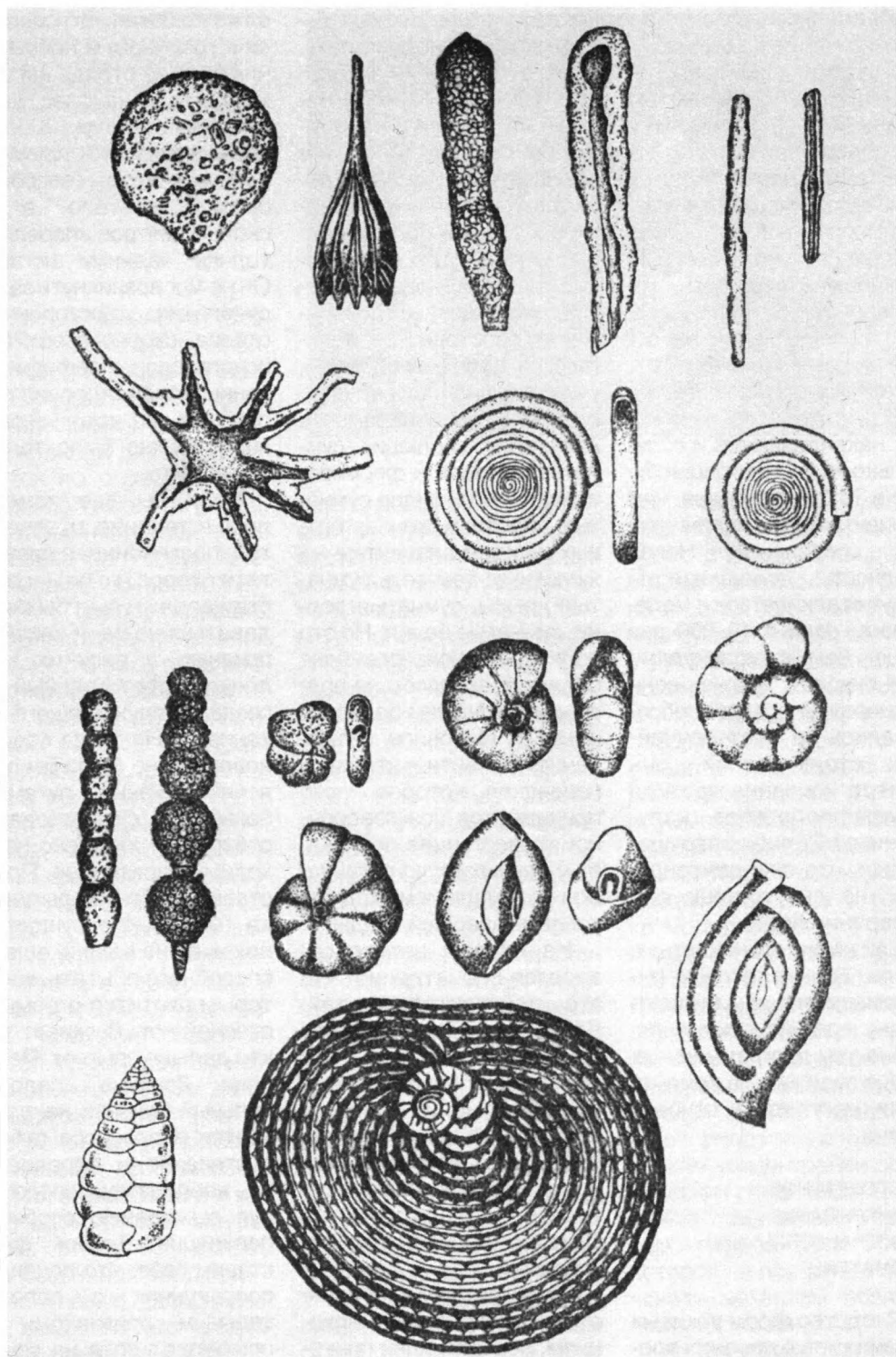
(от латинского "convergo" – схожусь, приближаюсь). Ввел этот термин Ч. Дарвин. Позднее биологи перенесли учение о конвергенции из морфологии в область физиологии (физиологическая конвергенция) и даже в область биоценологии для объяснения явления, когда в местах, разобщенных во времени и пространстве, появляются целые биоценозы, включающие ряды конвергентных видов. Например, в Австралии эволюция сумчатых привела к формированию многих видов сумчатых животных, конвергентных к видам плацентарных животных: там есть сумчатые крысы, сумчатые волки, сумчатые белки. Но это только конвергентные формы, они совсем не родственники нашим белкам и крысам. Основное объяснение развития сходных признаков, которое часто принимается безоговорочно: конвергенция возникает у разных групп организмов под влиянием сходных условий внешней среды.

На первый взгляд создается впечатление, что это действительно так. Достаточно представить быстро плавающих под водой ихтиозавров, дельфинов и рыб, их торпедообразную форму, сходные плавники – все направлено на преодоление сопротивления водной среды, на гашение турбулентных завихрений.

Вслед за этим вспоминается **пружинящий механизм**, позволяющий прыгающим животным преодолевать силу тяжести Земли. В одном ряду окажут-

ся и тушканчик, относящийся к грызунам, и попрыгунчик, уже из отряда насекомых, и, наконец, двухметровый кенгуру. Как же образовался этот пружинящий механизм, способный бросить их тело на несколько метров вперед при толчке задними ногами? Он не мог возникнуть за тысячелетия постепенного отбора, скорее всего, был использован преформированный план строения скелета и мышц, который организму нужно было только выполнить.

Если бы все изменялось в течение тысячелетий, постепенно, в результате отбора, то по наследству должен был бы передаваться не один какой-то признак, а весь их комплекс, ответственный за создание пружинящего механизма. Но тогда совсем невозможно было бы объяснить, каким путем в борьбе за существование отбирался комплекс необходимых признаков. Представим себе попрыгунчика (маленькое существо, похожее на мышь), еще не способного прыгать, за которым охотится огромный степной кот. Выживет тот, кто дальше прыгнет. По теории Дарвина, положительный признак накапливается в процессе отбора постепенно и передается по наследству, способствуя выживанию особей в популяции. Теперь представим себе, что появился попрыгунчик с положительным признаком. Он прыгнет от кота на сантиметр дальше, чем его собрат. Но, к сожалению, хищник не знает, что в про-



Микроскопические фораминиферы, напоминающие раковины гигантских аммонитов. Их формы сходны, несмотря на различные условия обитания. Одна и та же форма проявляется на микро- и макроуровне.



Ископаемые моллюски – аммониты – имеют то же строение, что и раковины фораминифер. Для реализации генетической информации они могли пользоваться однотипными биоматрицами.

цессе эволюции потомки этого “рекордсмена” должны будут дать настоящих попрыгунчиков, и схватит его, не обратив никакого внимания на лишний сантиметр дальности прыжка. Положительный признак не будет передан по наследству.

Совершенно по-иному пойдет эволюция, если попрыгунчик воспользуется информационной пространственной матрицей, позволяющей ему сделать рывок в формообразовании, ког-

да изменится весь комплекс признаков. После этого он действительно будет иметь преимущество в прыжке перед своими сородичами и передаст его по наследству.

Использование уже готовых онтогенетических заготовок, которые мы условно называем “пространственные информационные биоматрицы”, происходит и в микромире. Очень просто объяснить сходство строения крыла у летучих мышей и ископае-

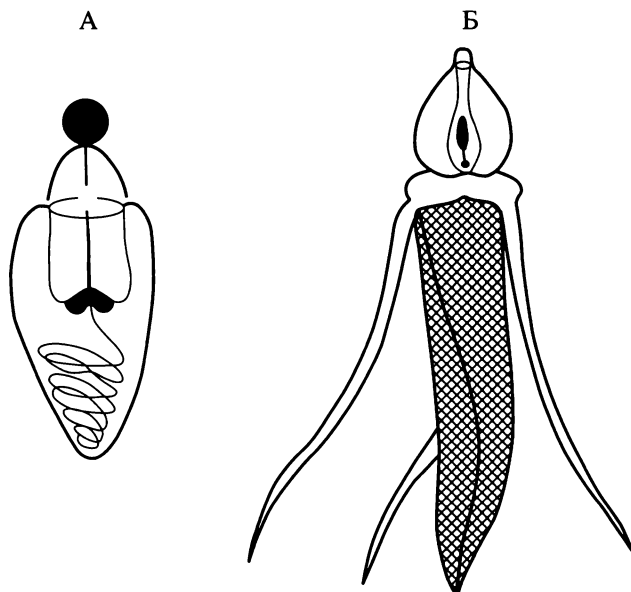
мых летающих ящеров: у них одна задача – опереться на воздух во время полета. Однако возникновение конвергентных форм в микромире и макромире у совсем неродственных организмов без проигрывания одинаковых пространственных биоматриц едва ли возможно (например, фораминиферы и вымершие моллюски аммониты).

Нас может поразить сходство между строением раковин у простейших животных – фораминифер и более сложно организованных моллюсков. При этом конвергенция очень велика, хотя условия, в которых обитают простейшие и моллюски настолько различны, что о влиянии среды на формообразование однотипных раковин у одноклеточных и многоклеточных животных не может быть и речи. Одинаковые формы можно найти у многоклеточных и одноклеточных, а также у отдельных клеток. Так, сперматозоиды многоклеточных организмов сходны по строению с простейшими – жгутиковыми, а отдельные структуры в гаметях микроскопических существ практически полностью перенесены в гаметы многоклеточных животных не только по форме, но и по функции. Например, у некоторых десятиногих раков

Одинаковые по строению “стреляющие” аппараты жгутиконосца-поликрикуса (А) и спермия рака (Б). Эти различные организмы не могли прийти к одной и той же конструкции в результате медленного естественного отбора.

спермии проникают в икринку при своеобразном выстреле. На оболочку икринки садится, как ракета на треноге, спермий. У него есть аппарат, который делает выстрел ядром спермия в икринку. Выстрел бывает настолько силен, что ядро пробивает оболочку икринки, оказывается внутри цитоплазмы яйцеклетки и сливается с женским ядром. Происходит оплодотворение.

Так вот, стреляющий аппарат спермия рака по своему строению похож на “патрон” цисты одноклеточного жгутиконосца — поликрикуса. Вся разница в том, что спермий рака выстреливает ядром с генетическим материалом, а циста поликрикуса стреляет стрекательной нитью. “Патроны” одноклеточного существа и рака как будто изготовлены по одному чертежу. Откуда он взят? Никакой генетической программы не хватит, чтобы хранить информацию о строении и функционировании организмов, прошедших тот или иной путь эволюции. Можно представить, что спермий рака образовался в процессе эволюции, путем постепенного отбора при одинаковых условиях: водная среда, микроскопические клетки, необходимость проникать ядру сквозь оболочку яйце-



клетки. Вот он и стал похож по строению и функции на то, что уже ранее было создано жгутиконосцем-поликрикусом. Казалось бы, все могло выполняться по теории дарвиновского отбора. Но не может! Потому что, пока шло совершенствование, механизмы, стреляющие ядром спермия в яйцеклетку, исчезли бы вовсе. Нужен был сразу “патрон”, способный стрелять ядром, а описание его устройства находится в том же “банке данных”, которым в свое время воспользовался жгутиконосец-поликрикус, создавая свою цисту, стреляющую стрекательной нитью.

ЗАПИСАНО
НА ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИХ
БИОМАТРИЦАХ

Концепцию запрограммированности эволюционного развития выдвинул в 1922 г. российский гео-

граф и биолог Л.С. Берг. Ее подхватили ученые, занимающиеся вопросами исторического развития живой природы, и она, получив дальнейшее развитие, сложилась в другую теорию эволюции — номогенез. В отличие от дарвиновской теории в номогенезе утверждаются принцип целесообразности живого и развертывание жизни по определенным, изначально заложенным законам. Номогенез не отрицает дарвинизма, признавая, что действительно происходит отбор наиболее приспособленных особей к данной окружающей среде. Но это только последний этап эволюции, он не является движущим и определяющим основной путь исторического развития жизни на Земле. Законы номогенеза могут оказаться универсальными для всей Вселенной, и их действие проявится на других планетах. Разве не

говорит об этом пример, приведенный в начале статьи, с открытием одинаковых “раковин” на поверхности Венеры?

Ранее мы уже говорили об “информационном банке”, из которого организмы в процессе эволюции черпают сведения для развития тех или иных живых систем. Следует подчеркнуть, что “банк информации” введен нами гипотетически, хотя о нем говорилось еще в древних тибетских текстах. Без него невозможно было бы объяснить, где хранится информация, используемая живыми организмами в процессе эволюции. Становится очевидным, что записи на генах не хватило бы для размещения огромного количества информации. По подсчетам бельгийского биолога Христофера Равена, на ДНК человека может быть записано 10^{10} бит информации, а для развития даже одного организма требуется 10^{25} бит.

Кто же носитель информации в этой своеобразной библиотеке, где хранятся

онтогенетические матрицы, предопределяющие путь развития организмов в историческом плане? Здесь вполне может подойти конфигурация молекул ДНК и белков, своеобразно реагирующая с окружающим их пространством, создавая фрактальные и спиральные структуры.

Идея о существовании хранилищ пространственной информации возникла еще в древние времена. Мыслители ушедших цивилизаций Китая, Индии и Арабского Востока создали даже учение о наличии “информационного банка”, где хранятся “сведения о будущем”. В наше время исследователи не оставляют идею о хранилищах информации – знаний, предопределяющих будущие открытия. Так, философ **В.В. Налимов**, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова, считал, что существуют континуальные (общие) потоки информации, из которых можно черпать необходимые данные. Надо только уметь подключаться к этим потокам. Именно

тогда появляется возможность рождения новых идей: ученые открывают законы природы, музыканты и поэты творят бессмертные шедевры и т.д. Видимо, мозг человека и животных, а возможно и любая живая ткань, способны к восприятию континуального информационного потока.

Окончательно выдвигаемую концепцию преформированной эволюции можно представить так: путь эволюции предопределен и в информационном плане обеспечен пространственными онтогенетическими матрицами, которые живые организмы используют во время индивидуального развития, переходя ко все более и более сложным матрицам по мере реализации информации на уже использованных индивидуальных программах. Не исключено, что при панспермии с планеты на планету передается вся программа развития жизни. Затем живая материя в течение миллионов лет эволюции осваивает ее.

Информация

Жизнь в глубинах Земли

Американские ученые Д. Ловли и Ф. Чаппель нашли в глубинах горы Беаверхед (Бобровая голова) необычное сообщество микроорганизмов. “Это мик-

робное сообщество, что мы нашли в Айдахо, непохоже на какое-либо ранее описанное на Земле, – сказал Ловли. – Оно находится в геологических условиях, сходных с теми, которые мы ожидаем найти под поверхностью Марса. Изучение его впервые показало, что определенные микроорганизмы могут жить при полном отсутствии солнечного света, используя в качестве источника энергии водород, просачивающийся из недр Земли”.

Около 90% микроорганизмов принадлежат к древнейшему на Земле архейскому типу. В ходе жизнедеятельности они соединяют водород и углекислый газ, выделяя при этом метан. Ученые теперь могут проверить гипотезы о водородной базе подповерхностной жизни и развить стратегию поиска подобных микробных сообществ на других планетах.

The Planetary Report, 2002,
XXII, 1

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: сентябрь–октябрь 2002 г.

Таблица 1

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Дата	Время UT	Явление
Сентябрь 1		Меркурий в наибольшей восточной элонгации, 27°
Сентябрь 1	17.0 ^ч	Сатурн на 2° южнее Луны
Сентябрь 4	13.3 ^ч	Юпитер на 4° южнее Луны
Сентябрь 7	3 ^ч 10 ^м	Новолуние
Сентябрь 8	3 ^ч 18 ^м	Луна в перигее (358746 км)
Сентябрь 8	16.8 ^ч	Меркурий на 9° южнее Луны
Сентябрь 10	1.8 ^ч	Венера на 8° южнее Луны
Сентябрь 13	18 ^ч 08 ^м	Луна в первой четверти
Сентябрь 14		Меркурий: стояние, переход к попятному движению
Сентябрь 17	9.1 ^ч	Нептун на 4° севернее Луны
Сентябрь 18	18.1 ^ч	Уран на 4° севернее Луны
Сентябрь 21	13 ^ч 59 ^м	Полнолуние
Сентябрь 23	4 ^ч 55 ^м 20 ^с	Солнцестояние
Сентябрь 23	3 ^ч 26 ^м	Луна в апогее (406352 км)
Сентябрь 27		Меркурий в нижнем соединении
Сентябрь 29	3.1 ^ч	Сатурн на 3° южнее Луны
Сентябрь 29	17 ^ч 03 ^м	Луна в последней четверти
Октябрь 2	7.4 ^ч	Юпитер на 4° южнее Луны
Октябрь 5	1.5 ^ч	Марс на 4° южнее Луны
Октябрь 5	9.1 ^ч	Меркурий на 5° южнее Луны
Октябрь 6		Меркурий: стояние, переход к прямому движению
Октябрь 6	11 ^ч 18 ^м	Новолуние
Октябрь 6	13 ^ч 16 ^м	Луна в перигее (356918 км)
Октябрь 8	9.9 ^ч	Венера на 1° южнее Луны
Октябрь 8		Максимум метеорного потока Драконида
Октябрь 10		Венера: стояние, переход к попятному движению
Октябрь 11		Сатурн: стояние, переход к попятному движению

Дата	Время UT	Явление
Октябрь 12	16 ^ч	Покрытие Луной звезды σ Стрельца, 2.0 ^м
Октябрь 13	5 ^ч 33 ^м	Луна в первой четверти
Октябрь 13		Меркурий в наибольшей западной элонгации, 18°
Октябрь 14	14.3 ^ч	Нептун на 5° севернее Луны
Октябрь 15	22.4 ^ч	Уран на 4° севернее Луны
Октябрь 20	4 ^ч 40 ^м	Луна в апогее (406360 км)
Октябрь 20		Нептун: стояние, переход к прямому движению
Октябрь 21	7 ^ч 20 ^м	Полнолуние
Октябрь 26	9.1 ^ч	Сатурн на 3° южнее Луны
Октябрь 29	5 ^ч 28 ^м	Луна в последней четверти
Октябрь 29	21.6 ^ч	Юпитер на 4° южнее Луны
Октябрь 31		Венера в нижнем соединении

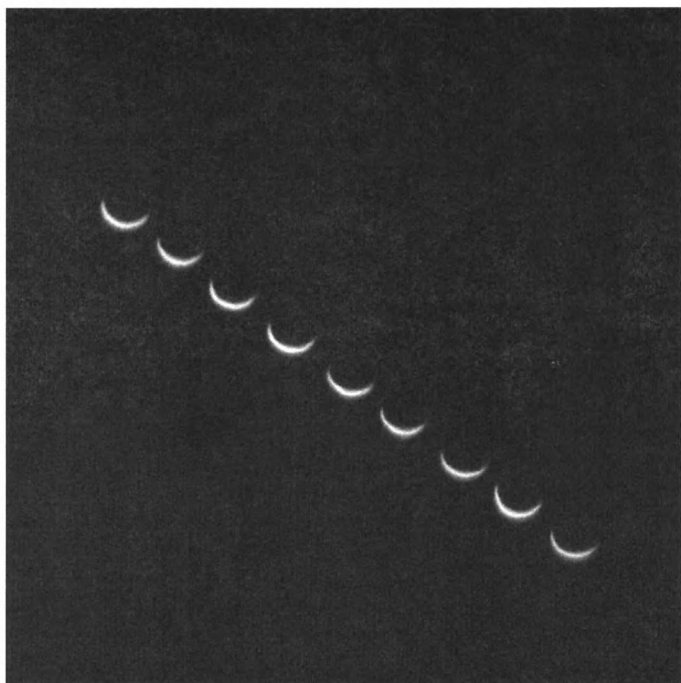
ЧТО МОЖНО УВИДЕТЬ НА НЕБЕ

В течение долгих осенних ночей можно будет наблюдать небесные объекты от видимых вечером в западной части неба созвездий Лиры, Лебеда и Орла до Тельца и Ориона – на востоке в предутренние часы. Почти всю ночь виден Большой Квадрат, образованный тремя яркими звездами Пегаса и одной звездой из Андромеды.

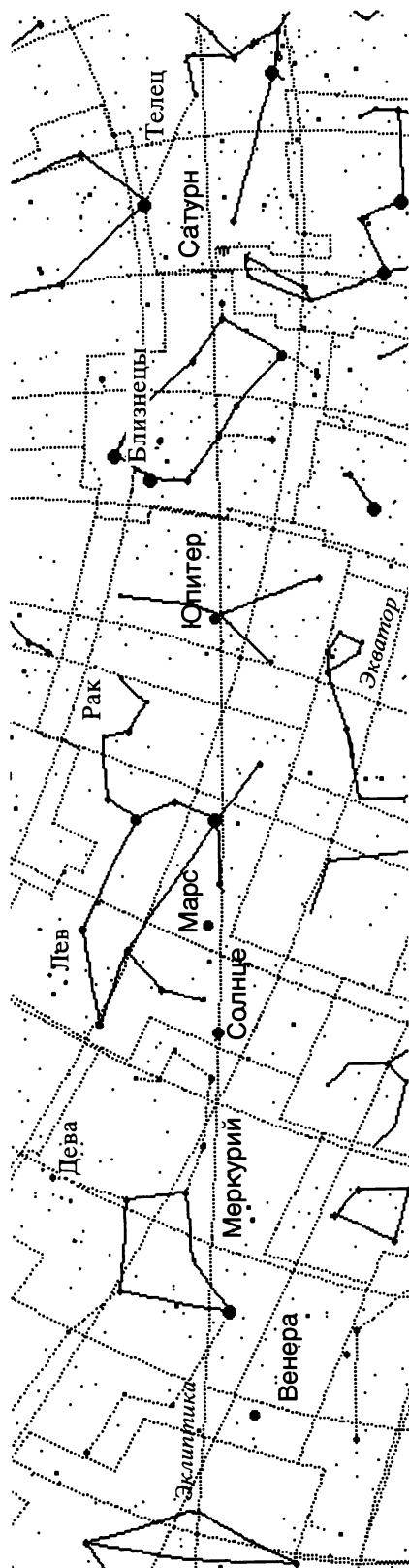
На протяжении почти всей ночи будут видны объекты в Цефее, Андромеде, Кассиопее, Пегасе, Водолее, Рыбах и в соседних с ними созвездиях. Это **шаровые скопления** М13 (Геркулес), М15 (Пегас), М2 (Водолей), **рассеянные звездные скопления** М35 (Близнецы), М39 (Лебедь), М52 и М103 (Кассиопея), Плеяды и Гиады (Телец), η и

χ Персея, **планетарные туманности** М27 (Гантель) в Лисичке и М57 (Кольцо) в Лире, а также **галактики** М31 в Андромеде, М33 в Треугольнике, М81 и М82 в Большой Медведице. Среди интересных для наблюдений звезд упомя-

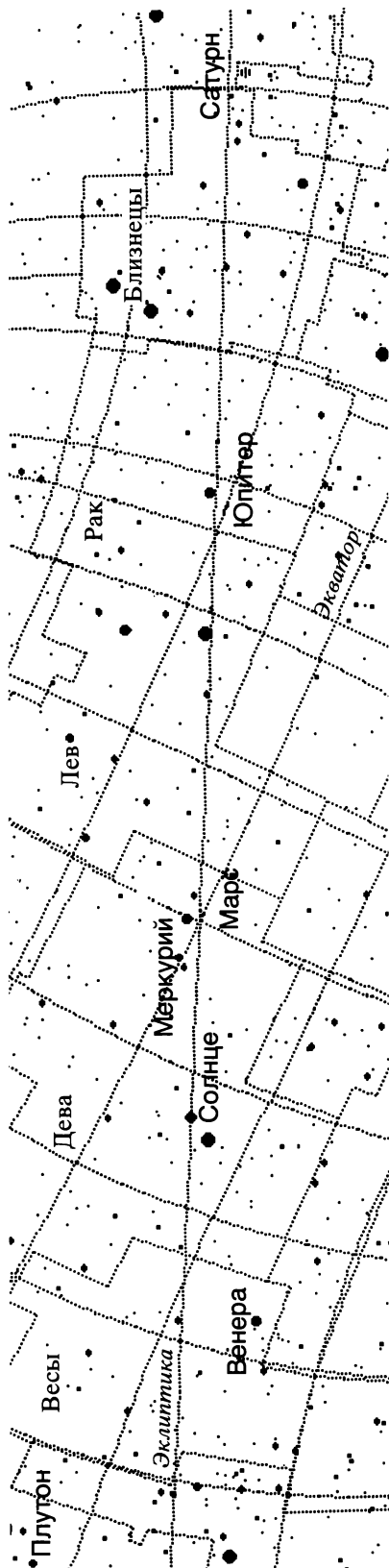
нем **переменные звезды** β Персея, β Лиры, δ Цефея, λ Тельца, σ Кита, η Орла, **двойные звезды** β Лебеда, γ Андромеды, γ Дельфина, η Кассиопеи, η Персея, α Гончих Псов, δ и ϵ Лиры, α Козерога.



Заход Венеры. Снимок получен И.В. Виньяминовым 23 марта 2001 г. в Воронеже с помощью телескопа системы Ричи-Кретьена ($D = 50$ см, $F = 5$ м). Девять последовательных экспозиций длительностью 0.2 с на один кадр с интервалом 6 с между кадрами. Пленка Kopica-400.



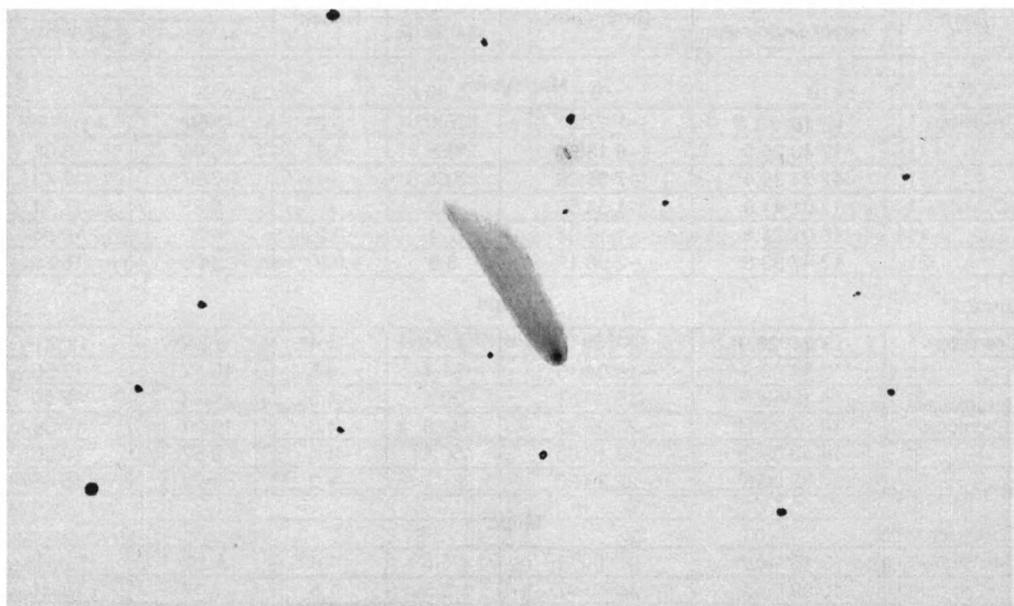
Солнце, Венера, Меркурий, Марс, Юпитер и Сатурн на эклиптике 15 сентября 2002 г.



Солнце, Плутон, Венера, Меркурий, Марс, Юпитер и Сатурн на эклиптике 15 октября 2002 г.



Комета Икейя–Джанга. Снимок получен А.В. Леушкановым в Вологде 11 марта 2002 г. Гидирование по комете, экспозиция – 60 с. Блеск кометы – 4.3^m. На снимке видны звезды до 7^m. Фотокамера “Зенит-122” с объективом “Индустар-61” ($F = 59$ мм, $D/F = 1 : 2.8$). Пленка *Konica VX100*.



Зарисовка кометы Икейя–Джанга, сделанная А.В. Леушкановым в Вологде 16 марта 2002 г. в 16^h30^m UT. Вид в бинокль БПЦ 20 × 60.

СОЛНЦЕ

Дата	Прямое восхождение	Склонение	Восход	Заход	Восход	Заход
			$(\lambda = 0^h \quad \varphi = 50^\circ)$		$(\lambda = 0^h \quad \varphi = 56^\circ)$	
Сентябрь 1	10 ^h 40 ^m 07.67 ^s	+8°25'19.3"	5 ^h 15 ^m	18 ^h 44 ^m	5 ^h 04 ^m	18 ^h 55 ^m
11	11 16 13.06	+4 42 22.5	5 29	18 23	5 23	18 29
21	11 52 05.24	+0 51 26.0	5 44	18 01	5 43	18 02
Октябрь 1	12 28 04.81	-3 01 59.2	6 00	17 39	6 02	17 36
11	13 04 33.38	-6 52 19.5	6 15	17 18	6 23	17 10
21	13 41 48.47	-10 33 17.5	6 31	16 57	6 43	16 45

Пример: вычислить время восхода Солнца в Оренбурге ($\varphi = 51^\circ 47'$, $\lambda = 3^\circ 40.5'$) 14 сентября 2002 г. Начнем с интерполяции на дату. На широте 50° восход Солнца в этот день произойдет в $5^h 29^m + 0.3 \times (5^h 44^m - 5^h 29^m) = 5^h 33.5^m$. Аналогично найдем для широты 56° : время восхода – $5^h 29^m$. Теперь интерполируем по широте: $5^h 33.5^m + 0.3 \times (5^h 29^m - 5^h 33.5^m) \approx 5^h 32.1^m$ UT. Приведем к пояскому сезонному времени: $5^h 32.1^m + 6^h - 3^h 40.5^m \approx 7^h 52^m$.

ИНФОРМАЦИЯ О ПЛАНЕТАХ, ВИДИМЫХ
В СЕНТЯБРЕ–ОКТАБРЕ 2002 Г.

Меркурий – утренняя видимость со второй декады октября. 9–10 октября сблизится с Марсом. Созвездие Девы.

Венера – вечерняя видимость в первой половине сентября. Созвездие Девы, Весов и снова Девы.

Марс – утренняя видимость, восходит незадолго до рассвета. Созвездия Льва и Девы.

Юпитер – вторая половина ночи. Продолжительность видимости постепенно увеличивается. Созвездие Рака.

Сатурн – виден большую часть ночи, восходит после захода Солнца. Созвездия Тельца и Ориона.

Уран и Нептун – вечерняя видимость, постепенно сокращающаяся. Созвездие Козерога.

Таблица III

КООРДИНАТЫ И УСЛОВИЯ ВИДИМОСТИ ПЛАНЕТ

Дата	Прямое восхождение	Склонение	Видимый диаметр	Блеск	Восход	Заход
					(λ = 0 ^h φ = 56°)	
Меркурий						
Сентябрь 1	12 ^h 16 ^m 36.7 ^s	−4°17'20"	7.1"	0.2 ^m	7 ^h 59 ^m	19 ^h 12 ^m
11	12 40 20.9	−8 18 34	8.5	0.6	8 06	18 32
21	12 34 38.4	−7 59 09	10.1	−	7 17	17 49
Октябрь 1	12 01 41.9	−1 53 50	9.9	−	5 28	17 14
11	12 01 24.1	+1 15 05	7.4	−0.2	4 32	16 54
21	12 47 33.8	−2 53 19	5.8	−0.9	5 05	16 36
Венера						
Сентябрь 1	13 ^h 24 ^m 26.9 ^s	−11°58'29"	27.4"	−4.4 ^m	9 ^h 54 ^m	19 ^h 33 ^m
11	13 54 28.3	−16 04 16	31.4	−4.5	10 12	18 56
21	14 19 48.1	−19 30 51	36.5	−4.5	10 23	18 16
Октябрь 1	14 37 29.7	−22 02 32	42.8	−4.6	10 21	17 34
11	14 43 39.2	−23 16 06	50.4	−4.5	9 57	16 50
21	14 35 08.6	−22 36 00	57.7	−4.3	9 02	16 09
Марс						
Сентябрь 1	10 ^h 15 ^m 49.7 ^s	+12°00'15"	3.5"	1.8 ^m	4 ^h 18 ^m	18 ^h 51 ^m
11	10 39 55.7	+9 40 07	3.5	1.8	4 18	18 21
21	11 03 42.0	+7 14 20	3.6	1.8	4 17	17 50
Октябрь 1	11 27 14.3	+4 44 25	3.6	1.8	4 17	17 19
11	11 50 38.9	+2 11 46	3.7	1.8	4 16	16 48
21	12 14 00.7	−0 21 46	3.7	1.8	4 15	16 17

КООРДИНАТЫ И УСЛОВИЯ ВИДИМОСТИ ПЛАНЕТ

Дата	Прямое восхождение	Склонение	Видимый диаметр	Блеск	Восход	Заход
					(λ = 0 ^h φ = 56°)	
Юпитер						
Сентябрь 1	8 ^h 35 ^m 56.9 ^s	19°01'29"	32.4"	−1.8 ^m	1 ^h 48 ^m	18°01 ^m
11	8 44 07.6	18 32 05	32.9	−1.9	1 20	17 26
21	8 51 48.0	18 03 21	33.4	−1.9	0 52	16 51
Октябрь 1	8 58 52.6	17 35 57	34.2	−1.9	0 24	16 15
11	9 05 15.3	17 10 36	35.0	−2.0	23 54*	15 39
21	9 10 49.5	16 48 08	35.9	−2.0	23 23*	15 03
Сатурн						
Сентябрь 1	5 ^h 49 ^m 44.7 ^s	22°08'17"	17.8"	0.1 ^m	22 ^h 36 ^m	15 ^h 41 ^m
11	5 52 24.5	22 08 21	18.1	0.1	21 59*	15 05
21	5 54 22.8	22 08 05	18.4	0.0	21 22*	14 27
Октябрь 1	5 55 36.5	22 07 38	18.8	0.0	20 44*	13 49
11	5 56 03.0	22 07 06	19.2	−0.1	20 05*	13 10
21	5 55 41.7	22 06 33	19.5	−0.1	19 26*	12 30
Уран						
Сентябрь 1	21 ^h 35 ^m 33.4 ^s	−13°27'12"	3.7"	5.7 ^m	18 ^h 31 ^m	3 ^h 52 ^m **
11	21 54 06.2	−13 34 45	3.7	5.7	17 51	3 11**
21	21 52 47.1	−13 41 30	3.7	5.7	17 11	2 29**
Октябрь 1	21 51 39.3	−13 47 10	3.7	5.7	16 32	1 48**
11	21 50 45.8	−13 51 31	3.6	5.8	15 52	1 08**
21	21 50 09.0	−13 54 22	3.6	5.8	15 12	0 27**
Нептун						
Сентябрь 1	20 ^h 44 ^m 54.0 ^s	−17°59'35"	2.3"	7.8 ^m	17 ^h 52 ^m	2 ^h 10 ^m **
11	20 44 02.7	−18 03 02	2.3	7.9	17 13	1 30**
21	20 43 20.6	−18 05 52	2.3	7.9	16 33	0 49**
Октябрь 1	20 42 49.2	−18 06 00	2.3	7.9	16 53	0 09**
11	20 42 30.0	−18 09 22	2.3	7.9	16 14	23 29
21	20 42 24.0	−18 09 53	2.3	7.9	14 35	22 50

Примечание: В таблицах III, IV прямое восхождение и склонение даются на 0^h УТ, время восхода и захода светил указано в УТ. Звездочкой * отмечены восходы планет, отнесенные к предыдущей дате, двумя звездочками – к последующей.

Таблица IV

МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

Название потока	Созвездие	Радант		V, км/с	Часовое число	Даты видимости
		α	δ			
Кассиопеиды	Кассиопея	1 ^h 00 ^m	63°		10	20.08–15.09
Тауриды сев.	Телец	2 58	23	30	10	13.09–1.12
Тауриды южн.	Телец	3 12	14	28	10	15.09–26.11
Ариетиды	Овен	2 42	20		10	21.09–13.11
Ориониды	Орион	6 20	16	66	100	2.10–7.11
Цефеиды	Цефей	20 54	58		20	4.10–20.10
Дракониды	Дракон	17 30	54			6.10–10.10
Пегасиды	Пегас	23 12	27		10	18.10–21.10

Мои наблюдения

Мое увлечение астрономией началось 11 лет назад, когда я пришел в астрокружок Воронежского городского Дворца пионеров. Новое занятие мне очень понравилось, и я даже попытался изготовить самодельный телескоп, но эта затея успехом не увенчалась. Тогда в нашем кружке было три телескопа: два “Мицара” и “Алькор”.

Через некоторое время в башне Дворца смонтировали большой рефлектор системы Ричи-Кретьена ($D = 500$ мм, $F = 5$ м). В этот телескоп можно было различить тонкую структуру пятен на Солнце, подробности облачных образований на Юпитере и Сатурне, диски Галилеевых спутников, Урана и Нептуна. Но поскольку здание нашего Дворца расположено почти в центре миллионного города, обычно мы могли наблюдать лишь Луну, планеты, яркие двойные и переменные звезды.

В 1995 г. мне удалось сконструировать довольно грубую монтировку. Червячный редуктор от поворотного устройства вентилятора и чугунная вилка несли на себе малый школьный рефрактор и фотообъ-

ектив Таир-3 ($F = 300$ мм, $1 : 4.5$). Это была тяжелая и громоздкая конструкция, но с ее помощью все же удалось получить неплохие фотографии комет Хиякутаки, Хейла-Боппа и лунного затмения 4 апреля 1996 г.

Ситуация резко улучшилась, когда в 1997 г. я приобрел “Мицар”. Никогда не забуду своих первых ночей наблюдений с этим инструментом: взгляду открывались многочисленные туманности и галактики, невидимые в школьный рефрактор. Но при фотографировании с длиннофокусным объективом был выявлен серьезный недостаток часового механизма. Он вращался чуть медленнее, чем вращается небо, и поэтому во время съемки приходилось его подгонять. Исправить это можно тремя способами: сделать частотный регулятор для синхронного двигателя часовика, изготовить иную механику или поменять двигатель на другой, с питанием от постоянного тока. Сначала я выбрал второй путь. На валу червяка есть шестерня, которая входит в зацепление с другой, насаженной на вал

двигателя. Шестерня на червяке имеет 48 зубьев. Взамен ее была изготовлена новая, с 47 зубьями. В результате появилось опережение, и теперь механизм приходилось останавливать примерно на секунду каждую минуту. Часовик по-прежнему был привязан к сети переменного тока, поэтому я снял заводской двигатель и поставил на его место редуктор от самописца с двигателем от магнитофона. Согласитесь, что гораздо проще нажимать вынесенные на пульт кнопки, чем закрывать крышку фотоаппарат, делать коррекцию и снова открывать.

Во время съемки часто приходится гидировать телескоп по слабым звездам, но их света не хватает для того, чтобы увидеть силуэт перекрестия на фоне расфокусированного изображения звезды. В таких случаях делается искусственная засветка поля зрения. Это выглядит так: в трубе “Мицара” устанавливается маленькая лампочка, на которую подается напряжение в 12 В от блока питания часовика. В окуляр видно слегка засвеченное поле зрения,

силуэт креста нитей и точечное изображение звезды. (В школьном рефракторе была предусмотрена непосредственная подсветка креста нитей.)

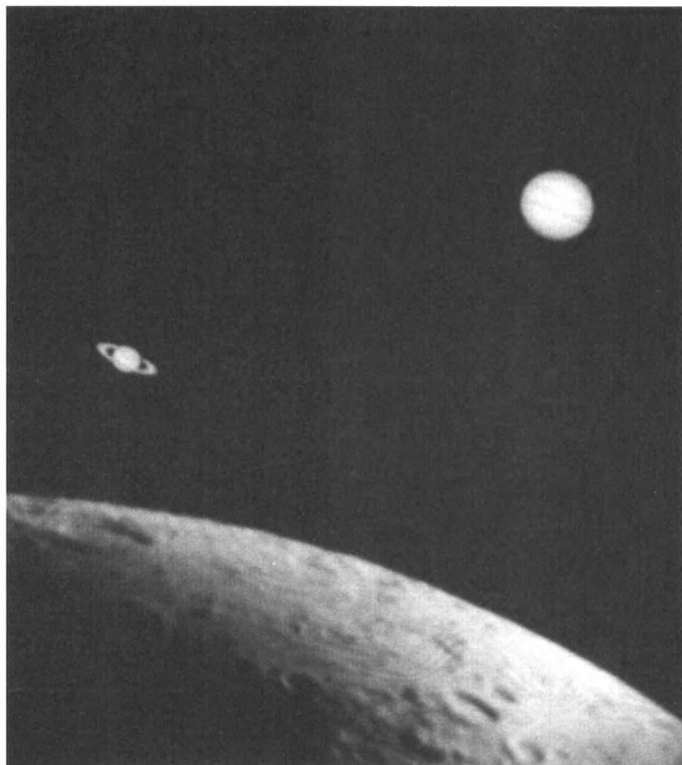
Подсветку поля можно использовать для определения блеска переменных звезд и комет. Существует метод оценки блеска светила, по которому окуляр выдвигается из фокусирующего устройства до тех пор, пока расфокусированное изображение не сольется с фоном неба. По степени выдвижения окуляра при наблюдениях того или иного небесного объекта определяют его блеск. Данный метод хорош только для слабых объектов, для ярких не хватает хода фокусирующей трубки. Поэтому предлагаю засвечивать изображение светила лампочкой с регулятором яркости. Измерение происходит следующим образом: окуляр вдвигаем в трубу до упора, в нем видно внефокальное изображение звезды. Далее переменным резистором регулируем яркость лампы до тех пор, пока ее свет не "забьет" свет звезды. После этого делаем отметку на шкале резистора. Та же операция проводится для звезд сравнения. По отметкам на самодельной шкале можно судить о яркости объекта. Расфокусировать окуляр необходимо потому, что точечное изображение звезды труднее



затмить лампой. К примеру: точечное изображение Бетельгейзе (α Ориона) видно даже на ярком фоне дневного неба.

Раз уж я упомянул про наблюдения звезды днем, не могу не рассказать о других своих дневных наблюдениях. Через несколько дней после покупки "Мицара" я навел его на Венеру и немало удивился тому, как хорошо был виден ее яркий диск. Следующим объектом стал Марс,

его фаза видна даже днем. Наводя телескоп на эти объекты по координатным кругам, я заметил одну деталь — на круге восхождения числа возрастают в направлении по часовой стрелке, т.е. он предназначен для часовых углов. Мне это показалось неудобным, и я пронумеровал круг в нужном направлении. Сейчас процедура наводки на объект упростилась: телескоп наводится на Солнце с соблюдени-



Фотомонтаж. На одном кадре снят Юпитер и Сатурн, на другом – Луна. При печати оба негатива совместили. Телескоп системы Ричи-Кретьена ($D = 500$ мм, $F = 5000$ мм) с $2\times$ телеконвертером. Пленка – Kodak 400, выдержки: Юпитер – 0.2 с, Сатурн – 1 с, Луна – 1 с.

ем всех правил техники безопасности, на круге прямых восхождений выставляется значение этой величины на данный момент. Затем телескоп наводится на Венеру для проверки резкости и правильности установки телескопа на

Пролет МКС над Воронежем 4 июня 2001 г. Яркая звезда – Венера. Станция имела блеск $\approx 1^m$, а после пролета по созвездию Лирь блеск возрос до $\approx -2.5^m$. На снимке изображение МКС смещается сверху вниз. Пленка – Kodak 400, выдержка – 20 с, объектив – Индустар-61 ($F = 50$ мм).



Снимок кометы *Linear C/1999 S4*, полученный 27 июля 2000 г. на Северном Кавказе. Вследствие быстрого видимого движения кометы (5° в сутки) изображение оказалось смазанным, за 10-мин экспозицию ее перемещение по небу составило $2.1'$. Но из-за переменности блеска изображение кометы получилось тройным. Объектив – Таир-3 ($F = 300$ мм, $1: 4.5$), пленка – Fuji Superia 400. Снимок кадрирован.



ось мира. После этого можно наводить на нужный объект.

Мне удалось увидеть некоторые интересные и редкие явления, которые нельзя было наблюдать ночью: нижнее соединение Венеры с Солнцем 16 января 1998 г., когда планета была в 6° от Солнца; соединение Луны, Венеры и Юпитера 23 апреля 1998 г.; верхнее соединение Венеры с Солнцем (в эти дни планета не приближалась к Солнцу более чем на 0.7°). Самым замечательным дневным событием было соединение Венеры и Юпитера 17 мая 2000 г., когда утренняя звезда прошла всего в $40'$ севернее Юпитера и в 6° от Солнца. Но это обстоятельство никак не помешало увидеть обе планеты, тем более что у одной из них была весьма большая яркость. Через несколько дней представилась возможность оценить, на каком расстоянии

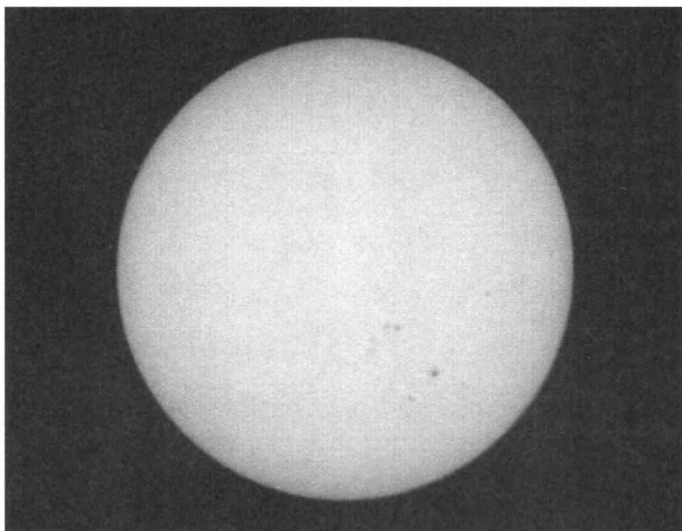
от Солнца будет различима Венера. С 10 по 12 июня планета проходила за диском Солнца, и мне удалось заметить ее лишь 14 июня, когда между ними было 0.5° . Наблюдения вблизи Солнца всегда опасны и сложны. Небольшой толчок, и в окуляре вместо Венеры – освещающее ее светило. Но и без него фон неба настолько ярок, что приходится диафрагмировать объектив, чтобы на зеркало не попадал свет от Солнца, для чего наблюдения проводятся через щель, оставленную крышкой. Далее мне захотелось узнать, насколько близко к Солнцу видны остальные планеты. Для Юпитера предельно ма-

лое удаление равно 6° , для Меркурия – 4° , а для Марса – 12° . Его мне удалось увидеть 13 августа 2000 г. благодаря прохождению в 0.1° от него Меркурия. Возможно, что наша группа – единственная, наблюдавшая соединение Венеры и Юпитера днем 17 мая 2000 г.

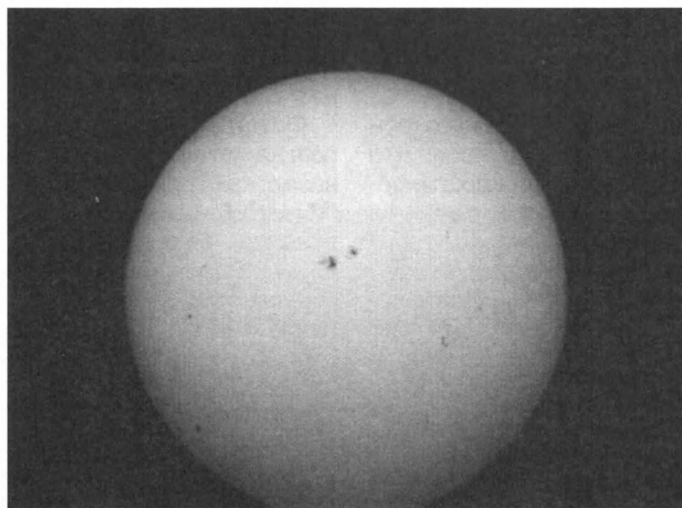
Фотографировать Солнце я начал еще четыре года назад, как только приобрел “Мицар”. Первые снимки получались нечеткими, тусклыми. Вдобавок у 25-мм окуляра “Мицара” глазная линза – выпуклая, поэтому солнечный фильтр, соприкасаясь с ней, ее царапает. В результате окуляр перестает давать качественное изображение объектов. Кроме того, слишком плотный фильтр из заводского комплекта не позволял хорошо наводить на резкость. Поэтому сейчас фотографирование произвожу с другим, менее плотным фильтром, через 14 $\times$ окуляр ($F = 18$ мм). Фильтр вставлен в заглушку от конвертера, она по резьбе закручивается в “Зенит” вместо объектива, а последний приставляется к

Венера 23.03.2001 г. вечером. Телескоп системы Ричи-Кретьена ($D = 500$ мм, $F = 5000$ мм), снимок кадрирован. Видно удлинение рогов серпа Венеры.





Солнце, сфотографированное 12 сентября 2001 г. Большое пятно на нем было заметно невооруженным глазом.



Солнце, сфотографированное 17 октября 2001 г. сквозь легкую однородную дымку.

окуляр (оптическая схема: окуляр—фильтр—пленка). Для съемок приходится кратковременно снимать с “Мицара” его солнечную диафрагму. В противном случае на пленке

станут заметны почти все пылинки и царапины на окуляре и фильтре. В будущем я планирую изготовить спектрогелиограф — прибор, позволяющий фотографировать Солнце в

лучах выбранной длины, например H_{α} .

Сейчас моя деятельность неразрывно связана с астроклубом “Альбиорео”, где занимаются любители астрономии всех возрастов (от 10 до 70 лет). Там мы проводим наблюдения на телескопе системы Ричи-Кретьена ($d = 500$ мм, $1 : 10$). Участвуем в различных наблюдательских программах, экспедициях. Так, в 1999 г. и в 2000 г. мы наблюдали за городом метеорные дожди Леонид. В 2000 г. прямо в области радианта располагалась Луна, но она почти не мешала наблюдениям, т.к. небо было очень прозрачное. В обоих случаях проводились радионаблюдения. В 2000 г. мы принимали участие в экспедиции на Северный Кавказ (Специальная астрофизическая обсерватория) для наблюдений кометы Linear C/1999 S4. Нам удалось получить ее фотографии, а также ряды наблюдений за изменением яркости и диаметра головы кометы.

Сегодня многие любители обладают превосходными (большими, от 200 мм) телескопами, причем расположенными вдали от городов. Я решил не повторяться, не идти проторенной дорогой, а больше наблюдать и фотографировать редкие и красивые явления. Даже неподвижным фотоаппаратом можно сделать очень интересные снимки. Например, сфотографировать след искусственного спутника, тесное соединение планет и Луны, последовательные изображения на одном ка-

дре восхода Луны. Восходящее Солнце (с зеленым лучом, если повезет), просто восход или заход яркой планеты, пейзажи в лунном свете – все это очень неплохая альтернатива классическим снимкам туманностей и галактик.

Вокруг нас и ночью, и днем происходят астрономические события, редкие и красивые. Но многие из них остаются незамеченными. Не все редкие явления происходят ночью, и не всегда для хорошего снимка нужен большой гидиру-

емый телескоп. А потому не нужно бояться экспериментировать и ночью, и днем, визуально и с фотоаппаратом!

*ВИНЬЯМИНОВ И.В.
394087 Воронеж,
ул. Мичурина, д. 10*

Информация

Самая быстрая двойная система звезд

Как известно, Земля делает один оборот вокруг Солнца за год, двигаясь со скоростью около 30 км/с. Но в системах двойных звезд подобное может происходить намного быстрее. Недавно международная группа астрономов, используя Очень Большой Телескоп Европейской Южной Обсерватории, нашла в космосе рекордную пару звезд. Оба компаньона системы принадлежат к типу белых карликов, но немного различаются по массе. Они совершают оборот вокруг общего центра масс за 321 с – самый короткий известный период обращения среди двойных звездных систем. Скорость движения по орбите превышает 1000 км/с. Обе звезды всегда повернуты друг к другу одной стороной. Расстояние между звездами, каждая из кото-

рых размером с нашу планету, – 80 тыс. км, что в пять раз меньше расстояния Земля–Луна.

Этот объект был известен ранее как рентгеновский источник RX J0806.3+1527. Он находится в созвездии Рака и впервые был зафиксирован в 1994 г. приборами немецкого спутника “ROSAT”, а также изучен с помощью рентгеновского спутника “Chandra”. Излучение источника оказалось переменным, каждые пять минут оно как бы “выключалось” на короткое время. Точная локализация источника позволила начать его изучение с применением больших оптических телескопов, включая два 8.2-м зеркала ОБТ и 4-м итальянский телескоп им. Галилея на Канарских островах. На месте рентгеновского источника был обнаружен слабый оптический объект блеском 21.1^m в желто-зеленом свете.

Наблюдения с помощью 8.2-м зеркала “Кьюйен” ОБТ с приемником излучения ФОРС-2 выявили оптическую переменность с периодом 321 с, а с помощью зеркала “Анту” и прибора ФОРС-1 получен спектр, в котором преобладали линии гелия. Изучение спектра позволило построить модель системы.

Одна из звезд захватывает газ, истекающий из другой, тот ударяется с большой скоростью о поверхность главной звезды. В результате на ней сформировалось горячее пятно, разогретое до 250 тыс. градусов, из которого исходят рентгеновские лучи. Когда при взаимном обращении звезд пятно “отворачивается” от нас, приборы фиксируют уменьшение блеска и потерю рентгеновского излучения.

Двойная система RX J0806.3+1527, как имеющая самый короткий период обращения, перспективна для детектирования гравитационных волн, предсказанных общей теорией относительности. (До сих пор их существование было подтверждено только косвенным образом, при наблюдениях одной пары нейтронных звезд.) RX J0806.3+1527 – первый кандидат для исследований в проекте Европейского космического агентства LISA (Laser Interferometr Space Antenna – лазерная интерферометрическая космическая антенна). Запуск антенны должен состояться в течение ближайших 10 лет.

ESO Press Release 06/02
15 March 2002

Неспокойны земные глубины...

За второе полугодие 2001 г. (16 августа – 31 декабря) и первые три месяца 2002 г. Геофизическая служба РАН получила параметры **свыше 1000** наиболее сильных и ощутимых землетрясений.

В пределах России повышенная сейсмическая активность была зафиксирована на **Камчатке** в октябре 2001 г. В северной части Авачинского залива произошло сильное землетрясение с магнитудой **$M = 6.6$** , которое ощущалось в г. Петропавловске-Камчатском, удаленном от эпицентра на 55 км, силой до 4–5 баллов. Жертв и разрушений нет.

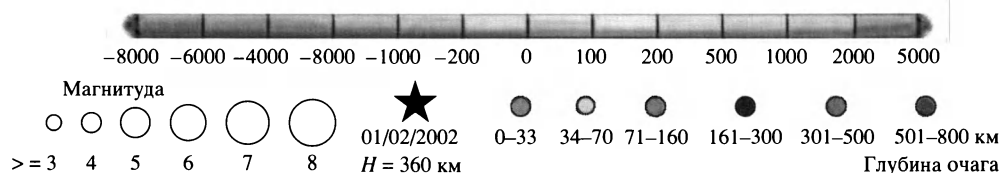
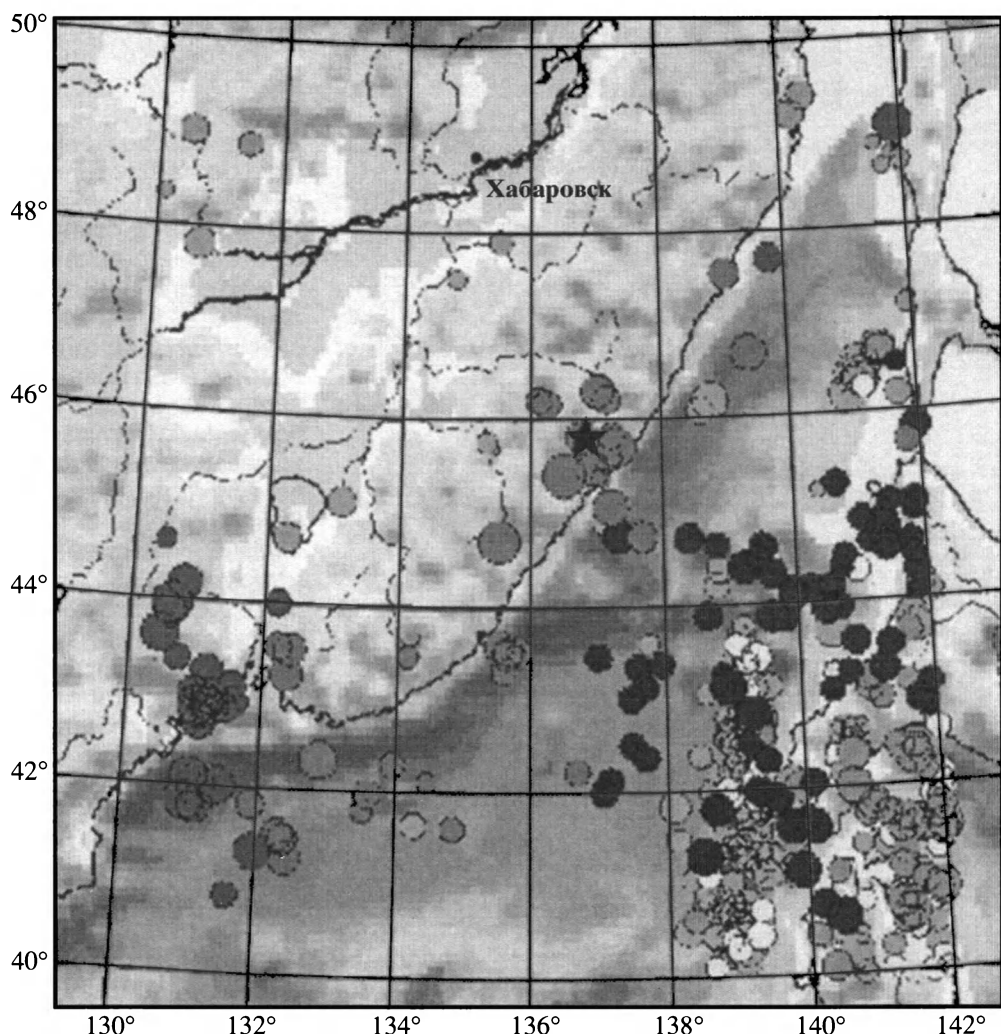
Необычное землетрясение ($M = 4.4$) произошло на **Северном Кавказе** 30 января 2002 г. Его эпицентр находился в долине р. Терек, в центральной части территории Чечни, в 35 км к северу от г. Грозного в районе Терско-Сунженского прогиба. Особенность его состояла в том, что **очаг располагался в верхней мантии Земли** на глубинах 80–120 (100–140) км.

Глубокое землетрясение (глубина очага 360 км) с магнитудой $M = 6$ зафиксировано 2 февраля 2002 г. в **Приморье**, на территории России. Оно произошло в районе Сихотэ-Алинского хребта, в 350 км к юго-востоку от г. Хабаровска. В прошлом в этом районе известны землетрясения с такими же глубинами очагов (300–460 км), причем наиболее значительные из них имели большие магнитуды 7.3–7.7 (30 января 1918 г. – $M = 7.7$; 20 февраля 1931 г. – $M = 7.3$).

Территория Центральной Азии также была подвержена всплескам сейсмической активности. В **Таджикистане** 9 января 2002 г. произошло разрушительное землетрясение с магнитудой 5.0 и ощутимостью до 6–7 баллов. Его эпицентр находился в районе Гиссарского хребта, между очаговыми зонами сильнейших 9–10-балльных землетрясений: Каратагского 1907 г. ($M = 7.3$ и $M = 7.4$) и Хаитского 1949 г. ($M = 7.4$). Кроме того, в этой зоне отмечены 8–9-балльные землетрясения с меньшей маг-

нитудой, например Гармское 1941 г. и Файзабадское 1943 г. ($M = 6.0$). Максимальные макросейсмические проявления в пределах **Гиссарского хребта** отмечены в ближайшем к эпицентру г. Рагуне. Здесь, по данным ИТАР ТАСС от 10 января, погибли 3 ребенка, 54 человека получили ранения, без крова остались 580 человек. Полностью разрушены 31 жилой дом, 4 школы, 4 медицинских пункта, 25 км автодорожного полотна, выведены из строя десятки километров линий электропередач.

Глубокофокусное разрушительное землетрясение, ощущавшееся на обширной территории Центральной Азии, произошло в **северо-восточной части Афганистана 3 марта 2002 г.** Очаг располагался на глубине 250 км в высокосейсмичном регионе Гиндукуша, в 75 км к юго-западу от г. Файзабада и в 240 км к северо-востоку от Кабула. Мощные сотрясения охватили **семь стран Центральной Азии** – Афганистан, Пакистан, Ин-



Глубины сейсмических очагов в Приморье за период с 1900 г. по 2001 г. Звездочкой обозначен эпицентр землетрясения (глубина 360 км), произошедшего 2 февраля 2002 г.

дию, Таджикистан, Узбекистан, Киргизстан, Казах-

стан. Более 150 человек погибли в афганской провинции Саманган. В населенном пункте Дахани Зоа стихия разрушила гостиницу и более 100 домов, погребя под завалами жителей. В результате обвалов, вызванных землетрясением, было перекрыто русло

реки, которая затопила еще 400 жилых домов. В зоне бедствия оказалась вся северная часть Пакистана, где расположены города Исламабад, Равалпинди, Лахор, Пешавар. Землетрясение ощущалось также во многих городах и населенных пунктах Тад-



Последствия землетрясения
25 марта 2002 г. в Афганистане.

жикистана, Узбекистана, Киргизстана и Казахстана: в Душанбе – силой 6 баллов; Корши – 5; Ташкенте, Самарканде, Оше – 4–5; Андижане, Намангане – 4; Баткене, Суфикургане – 3–4; Бишкеке – 3; Чимкенте, Джамбуле, Таразе – 3.

Землетрясение 3 марта 2002 г., к несчастью, явилось предвестником более серьезной катастрофы, которая разразилась в Афганистане **в ночь с 25 на 26 марта**. Эпицентр нового землетрясения ($M = 6.0$) находился также в горах Гиндукуша, в 170 км к северу от Кабула. Сильные подземные толчки ощущались в **северном Афганистане** (Кабул, Мазари-Шариф); в Пакистане (Исламабад, Пешевар); в Таджикистане (Душанбе). По данным на 26 марта 2002 г., в результате стихийного бедствия погибли более 2 тыс. человек, около 4 тыс. получили ранения, более 10 тыс. остались без крова. Люди боятся заходить

в уцелевшие дома. Большинство из них находятся в пустыне близ разрушенных селений без еды и воды. Полностью уничтожен г. Нахрин в провинции Баглан, имеются серьезные разрушения и в соседнем населенном пункте Бурка. Землетрясение сопровождалось многочисленными афтершоками, продолжавшимися в течение всей ночи. За период с 25 по 27 марта зафиксировано 9 подземных толчков с $M = 4$ и более; они увеличили число пострадавших.

Эпицентр землетрясения 25 марта находился в 135 км к юго-западу от места землетрясения 3 марта. Оба случились в высокосейсмичном районе, в зоне субдукции, **на границе столкновения Евразийской и Индийской плит**, сближающихся со скоростью около 4.4 см/год. Здесь происходят многочисленные землетрясения с очагами как в пределах земной коры, так и на глу-

бинах до 330 км. Разрушения 25 марта были значительнее. Очаг располагался в верхней части земной коры, поэтому и наблюдались такие большие разрушения. Энергия от поверхностных землетрясений вызывает более сильные сотрясения почвы, чем толчки, возникающие на больших глубинах внутри Земли.

Наиболее сильным по магнитуде (7.6) в Центральной Азии было землетрясение **в Китае 14 ноября 2001 г.**, но т.к. его эпицентр располагался в горных районах Тибета, мировые сейсмические агентства и средства массовой информации данными о проявлении землетрясения на поверхности не располагали.

В Тихоокеанском сейсмическом поясе в 2001 г. сильные землетрясения ($M = 7-7.3$) пришлось на районы **Тайваня, Соломоновых и Марианских островов**. Большинство из них были ощутимыми, но ни одно не вызвало сильных разрушений и не представляло угрозу возникновения цунами. В 2002 г. в районе островов **Новые Гебриды** произошло одно катастрофическое землетрясение с магнитудой 7.3. Его эпицентр располагался в 50 км к западу от г. Порт-Вила – столицы небольшого островного тихоокеанского государства Вануату. Были повреждены дома, отмечены много-

численные оползни, рухнуло несколько мостов, пострадали причалы. Однако жертв нет, и ущерб от землетрясения расценивается правительством как умеренный.

Неспокойно и в Средиземноморском сейсмическом поясе. Разрушительное землетрясение произошло 3 февраля 2002 г. **на западе Турции**, в уезде Болдвадин. Оно было гораздо слабее ($M = 6.2$) катастрофических турецких землетрясений 17 августа ($M = 7.6$) и 12 ноября ($M = 7.6$) 1999 г. (Земля и Вселенная, 2000, № 2). Но его ощущали во многих центральных, южных и северо-за-

падных районах Турции. Число погибших 3 февраля (по данным кризисного комитета Турции) составило 45 человек, пострадало около 200. Разрушено более 150 строений, во многих домах образовались большие трещины, повреждены линии электропередач, отмечены сбои в телефонной связи.

В последний день марта содрогнулась земля на острове **Тайвань**, пережившем катастрофу в сентябре 1999 г. (Земля и Вселенная, 1999, № 6). На сей раз последствия землетрясения ($M = 7.3$) не были столь ужасающими, но все-таки пострадало более 30 чело-

век, разрушены десятки домов в административном центре Тайбэе и других городах. Власти южно-японского острова Окинава, расположенного в 500 км к северо-востоку от Тайваня, предупредили население **о возможности цунами**, но, к счастью, все обошлось.

О.Е. СТАРОВОЙТ,
кандидат

физико-математических наук

Л.С. ЧЕПКУНАС,
кандидат

физико-математических наук

И.П. ГАБСАТАРОВА
Геофизическая служба РАН
(г. Обнинск)

Информация

“Розетта” – космический всадник

Догнать быстро движущуюся комету, совершить мягкую посадку на нее и прибыть на ней к Солнцу – не эпизод из фантастического романа, но вполне реальная задача космического аппарата “Розетта”. Он будет запущен в 2003 г. и через 8 лет достигнет кометы Виртанена (Земля и Вселенная, 1996, № 5). Затем он выйдет на орбиту вокруг кометы, будет отслеживать ее эволюцию при приближении к Солнцу, а в июле 2013 г. “прикометится” с высоты 1 км. Это пройдет в 160 млн. км от Солнца.

В декабре 2001 г. комета Виртанена находилась на рас-

стоянии 435 млн. км от Солнца. Примерно на таком же удалении через 11 лет (два полных периода обращения кометы) КА “Розетта” будет совершать маневры вокруг нее. Именно поэтому 8 декабря 2001 г. астрономы Европейской Южной Обсерватории в Чили направили на комету третье 8.2-м зеркало “Йепун” Очень Большого Телескопа. Сделаны четыре экспозиции: две в красном свете и две в желто-зеленом. Вопреки обыкновению ОБТ делал снимки очень низко над горизонтом на фоне вечерней зари. Движение телескопа было уравнено с вычисленным угловым перемещением кометы. Самой кометы видно не было, ее блеск в красных лучах составил 22.6^m, а в зеленых – 23.4^m.

Получена ценная информация для планирования деталей миссии “Розетты”. Во-первых, выяснено, что комета Виртанена имеет очень низкую активность на этом участке орбиты. Можно ожидать, что пыль и вы-

деляющиеся из ядра кометы газы не будут сильно мешать посадке аппарата. Во-вторых, уточнены размеры ядра кометы – 1.2 км в диаметре.

Ожидается, что изучение полета “Розетты” даст важные сведения о природе комет. (В целом запланирован 21 эксперимент). Это поможет ученым понять процессы формирования Солнечной системы, т.к. именно в кометах сохраняется почти неизменным состав первичной протопланетной туманности. По прежним, космическим и наземным, исследованиям комет известно, что они содержат комплекс органических молекул, богатых углеродом, водородом, кислородом и азотом. Может быть, новые данные помогут ответить на фундаментальный вопрос – о происхождении жизни.

ESO PR Photos 06a-b/02
26 February 2002

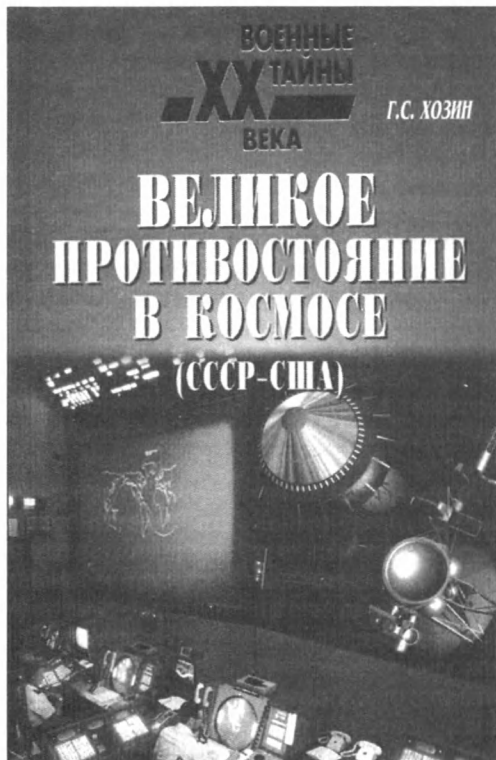
История противостояния в космосе

Автор недавно вышедшей книги **“Великое противостояние в космосе (СССР – США)”** (М., Вече, 2001), доктор исторических наук, профессор Григорий Сергеевич Хозин, был моим другом. Много лет мы занимались общим делом – космическими исследованиями. Нередко наши мнения расходились: вопросы, которые мы обсуждали, не имели од-

нозначной оценки. Но мы всегда были едины в главном: космическая деятельность представляет собой магистральное направление современной исторической эпохи – эпохи становления глобальной постиндустриальной цивилизации. Нас радовали новые достижения отечественной космонавтики, мы сокрушались, когда в ходе реформ 1990-х гг. началось быстрое разрушение российской ракетно-космической отрасли. В меру наших сил и возможностей мы пытались противодействовать этому вредоносному для страны процессу.

Я открываю книгу Г.С. Хозина с печалью и удовлетворением одновременно. С печалью – потому что Григория Сергеевича нет больше с нами, с удовлетворением – потому что ему было дано время завершить труд над своей последней научной работой. Скажу сразу: это очень нужная и своевременная книга.

В наших средствах массовой информации сейчас стало модным развенчивать успехи отечественной космонавтики, которые якобы раздуты лживой советской пропагандой. К.Э. Циолковский – выживший из ума фантазер. Наш первый спутник – простая болванка. Ю.А. Гагарин не был первым космонавтом, а если и был, то чем-то вроде собачки Лайки. “Вся наша история космонавтики фальсифицирована, – можно прочитать на страницах популярного журнала “Огонек”, – это ложь, что в результате напряженного соревнования с США наша страна сумела обойти их в космических достижениях”.





Ценность книги Г.С. Хозина состоит в том, что она позволяет разогнать этот скверно пахнущий туман новорусской мистификации и объективно, без гнева и пристрастия вглядываясь в реальные факты, а не путем злобных измышлений, разобраться, как же в действительности складывалось великое соревнование в космосе двух мировых супердержав – Советского Союза и США. Книга Г.С. Хозина, вышедшая в серии “Военные тайны XX века”, имеет характерный подзаголовок: “Свидетельства очевидца”. Думаю, что в данном случае Григорий Сергеевич проявил излишнюю скромность. В области космической политики ему довелось быть не только очевидцем, но и ее прямым участником. Причем достаточно активным: работая в Дипломатической академии МИДа, он возглавлял Центр глобальных проблем.

Г.С. Хозин начинает свою книгу с проблемы освоения космоса. Извечная мечта человека обрести крылья и устремиться в небесную высь, становление космической философии, первые шаги практической космонавтики, создание ракетно-ядерного щита, первые программы освоения космического пространства. И все это строго документировано, с четкими ссылками на первоисточники. Знакомясь с книгой, читатель получает возможность узнать, как это было на самом деле, на долю же его оппонентов остаются лишь клеветнические измышления.

“В истории земной цивилизации, – пишет Г.С. Хозин, – Россия оставила глубокий след, дала человечеству великих мыслителей, ученых и инженеров, внесла весомый вклад в мировую науку и технику. Особенно значительна ее роль в развитии космонавтики”. Объективному обоснованию этой мысли посвящены многие страницы книги. В послевоенный период деятельность по освоению космического пространства проходила в условиях жесткого противостояния двух мировых систем.

Гений замечательного конструктора космических кораблей С.П. Королёва, самоотверженный труд ученых, инженеров, техников, рабочих отечественной ракетно-космической отрасли, высокий организаторский талант многих ее руководителей на долгие годы обеспечили нашей стране лидирующую роль в этом соревновании. Г.С. Хозин цитирует многочисленные высказывания американцев по поводу космических достижений нашей страны. Вот только одно из них – о полете Ю.А. Гагарина: “Ваш Юрий – не только ваш, он принадлежит всему человечеству. И дверь в космос, которую он открыл, распахнута для всех нас. Может быть, и мы войдем в нее – нужно только время. Только ли время? Нет, время и мир. Мир для того, чтобы исследовать Вселенную, которую наши советские братья открыли для нас. Мир для того, чтобы принести домой космические богатства и распределить их между всеми. Мир среди народов... Мир и братство людей”. Эти прекрасные слова – лучший ответ современным злопыхателям.

Мне уже приходилось писать, что запуск первого спутника, первый космиче-

ский полет человека символизировали начальный этап третьего исторического суперцикла в истории человечества, становление постиндустриальной цивилизации. Сформулированные ведущим теоретиком постиндустриальной трансформации американским экономистом Даниэлем Беллом определяющие признаки этого исторического перехода — главенствующая роль фундаментальной науки и интеллектуалоемких технологий, новая социальная стратификация общества и система ценностей. Феномен “Большой науки” четко прослеживается на примере деятельности ракетно-космической отрасли в советский период истории.

Мне приходилось обсуждать эти проблемы с Г.С. Хозиным, и мы понимали друг друга. К сожалению, на следующих этапах постиндустриального перехода лидирующая роль перешла к нашему конкуренту — США. Когда это произошло? В книге Хозина приводится высказывание одного из авторитетных американских политологов Р. Стэрза конца 1980-х гг.: “Выводы, к которым приходят чаще всего, состоят в том, что США сдают свои ранее заявленные позиции ведущей космической державы и что Советский Союз в настоящее время использует космос более интенсивно, чем США”.

Прошли годы... Тяжелый удар по отечественной космонавтике нанесли реформы 1990-х гг. Наиболее трудно пришлось высокотехнологичным отраслям, и в первую очередь — космической. Ее финансирование сократилось в 10–15 раз, соответственно уменьшилась отдача. В книге приведены факты и цифры, свидетельствующие, что это была отрасль, приносившая стране немалые доходы. Отечественная космонавтика, тем не менее, выжила и вписалась в мировую космическую кооперацию. “Тенденция к расширению мирового рынка космических товаров и услуг необратима, — говорится по этому поводу в книге Г.С. Хозина. — Для того чтобы Россия не утратила здесь своих позиций, необходимы продуманные меры политического, социально-экономического и законодательного характера. Тогда рентабельность вло-

жений в космонавтику будет возрастать”.

Обладая широкой эрудицией и немалым опытом в области космической политики, Г.С. Хозин всегда выступал с ценными предложениями. Об этом говорится и в заключительной главе книги. Здесь немало горьких, но совершенно справедливых слов. В США и других западных странах существует, например, практика доведения до налогоплательщиков содержания документов по космической программе. Ничего подобного, отмечает Г.С. Хозин, у нас нет: “Концепция космической деятельности — единственный документ такого рода — написана сухим телеграфным языком и прочитать ее простому смертному попросту невозможно”. Все это поправимо. Потенциал российской космонавтики далеко не исчерпан, заключает свою монографию Г.С. Хозин. Чтобы с наибольшей полнотой использовать его в интересах нашего народа, нужны лишь политическая воля, настойчивость и энергия, которыми российское общество обладает в достатке.

Коллеги Г.С. Хозина В.В. Казютинский, Б.Н. Кантемиров и С.В. Кричевский взяли на себя труд подготовить к изданию на завершающем этапе его книгу. Вместо заключения они поместили одно из последних публичных выступлений автора, получившее название “Беседуя с Циолковским”. Думаю, это было очень удачное решение: возвращение к истокам позволяет особенно рельефно высветить весь масштаб космических свершений и одновременно более ясно увидеть перспективы грядущего. Я помню это выступление Григория Сергеевича и будто вновь слышу, с какой убежденностью он повторяет вслед за Циолковским: “Множество насущных вопросов сейчас не может быть решено, между тем как жизнь требует их решения во что бы то ни стало... Отсюда потребность иметь твердые, непоколебимые взгляды и решение трудных задач. Только знание может открыть нам глаза, правильно оценить Вселенную и указать ее прошедшее и будущее. Во Вселенной господствовал, господствует и будет господствовать разум и высшие общест-

венные организации. Разум есть то, что ведет к вечному благосостоянию”.

Г.С. Хозин немало сделал как достойный последователь основоположника космонавтики и выдающегося русского философа К.Э. Циолковского. А его последняя монография стала наиболее

эффектным ответом тем, кто пытается опорочить выдающиеся научные, технические и культурные достижения нашей страны.

*Л.В. ЛЕСКОВ,
доктор физико-математических наук*

НОВЫЕ КНИГИ

Мы снова с П.Г. Куликовским

(отклик на выход долгожданного “Справочника”)

Настольную книгу каждого любителя астрономии – “Справочник любителя астрономии” – трудно назвать новой. Экземпляр этой книги с трогательной надписью автора в адрес “Земли и Вселенной” лет тридцать был нашим надежным помощником (правда, затем таинственно и бесследно исчез...), и мы долго ждали очередного издания книги, которая по разным причинам никак не выходила в свет. Наконец в нынешнем году московское издательство УРСС выпустило “Справочник” в переработанном и полностью обновленном виде. Теперь это толстая книга (687 с.) большого формата.

Книгу открывают “Предисловие” и параграфы “Этапы развития астрономии” и “Хронология астрономии”. За ними следуют основные шесть глав (“Общие сведения о Земле, Луне, Солнце, Солнечной системе и Вселенной”, “Некоторые сведения по математике”, “Краткие сведения из общей астрономии”, “Астрономические инструменты. Подготовка к наблю-

дениям”, “Астрономические наблюдения”, “Астрономическая библиография”), “Таблицы”, “Приложения” (карты, номограммы), “Указатель имен” и “Предметный указатель”, т.е. *почти* все самое важное для любителя астрономии. Почти, но не все, потому что в объемистой книге не нашлось места для упоминания о проблемах преподавания астрономии, а также об астрономии для детей. Прекрасно зная Петра Григорьевича, с которым нас связывали многие годы плодотворной работы и приятного общения, удивлен этому упущению автора книги (или ее редактора?). Сейчас, когда школьная астрономия оказалась в удручающем состоянии (Земля и Вселенная, 2000 г. № 1), успешно преподавать ее удастся в основном учителям-энтузиастам, любящим астрономию и стремящимся заинтересовать ею школьников. Таким людям “Справочник” необходим, а проблемы преподавания астрономии – область их профессиональных интересов. Им (и не только им!)

была бы полезна и информация о развитии “детской астрономии” (хотя бы потому, что нередко в семье любителя астрономии дети подрастают в обстановке увлеченности наукой о Вселенной).

“Справочник” выиграл бы и от более тщательного отбора литературы, включенной в “Астрономическую библиографию”. В нее попали далеко не равноценные книги (иногда брошюры?), а книги, в свое время увлекшие астрономией пользователей “Справочника” и хорошо известные составителям библиографии и редактору “Справочника”, оказались почему-то забытыми.

Но, как принято говорить в отзывах на диссертации, указанные упущения, конечно, не умаляют общего положительного впечатления о “Справочнике”, который, несомненно, будет долго верой и правдой служить любителям астрономии. Наша благодарность автору “Справочника” безгранична.

Е.П. ЛЕВИТАН

Возможна ли катастрофа в Гималаях?

Высочайшие на Земле вершины сосредоточены в горной системе Гималаев, созданной мощными тектоническими движениями в земной коре. Пять катастрофических землетрясений последнего десятилетия в Индии, унесшие тысячи человеческих жизней, произошли южнее. Между тем ряд признаков указывают на то, что проживающим в предгорьях Гималаев миллионам людей угрожает одно из величайших землетрясений современности. Согласно геофизическим данным, поверхность фундамента в этом регионе прогибается и уходит под громаду Гималаев. Такой процесс идет не равномерно, а толчками, сопровождаемыми крупными землетрясениями. Подобное явление наблюдается в тех районах океана, где происходит субдукция – погружение одной литосферной плиты под другую.

Наиболее грозные примеры океанских землетрясений – у берегов Чили в 1960 г. и на Аляске в 1964 г.

Недавние измерения, проведенные из космоса с помощью GPS (“Global Positioning System” – Глобальная система определения местоположения”), показывают, что полуостров Индостан и юг горной страны Тибет сближаются со скоростью около $20 (\pm 3)$ мм/год. Примерно

80% возникающего при этом напряжения поглощается в районе шириной 50 км с центром у южного края Тибетского плато, остальные 20% принимают на себя окраины Гималаев. За каждое столетие накапливается до двух метров потенциального соскальзывания.

Нам известно очень немного о землетрясениях в Индии прежних веков. Сейсмические катастрофы зафиксированы в 1803, 1833, 1897, 1905, 1934 и 1950 гг. Первая из них привела к значительным разрушениям в пространстве между Дели и Лакнау (ныне штат Уттар-Прадеш). Современная оценка землетрясений 1833 г. в Непале и 1905 г. в Кангре (штат Пенджаб) показала, что в обоих случаях раскол земной коры протянулся почти на 120 км. Эпицентр землетрясения 1897 г. в районе Дакки – нынешней столицы Бангладеш – находился в 100 км к югу от Гималаев, и оно никак не разрядило напряжение в горном поясе.

В 1934 г. в восточной части Непала сегмент коры длиной от 200 до 300 км подвергся распыриванию. Примерно такие же последствия имело мощное Ассамское землетрясение 1950 г., когда повторные толчки довели длину разрыва коры почти до 200 км...

Хотя сильные землетрясения, происходившие вдоль окраины Гималаев с 1800 г., очень различались по своим параметрам, нет сомнений в том, что они значительно изменили строение предгорья. Разрывы охватили около половины региона, и это грозит тяжелыми последствиями. Протяженность зоны соскальзывания плиты в

1934 г. была близка к 4 м, а в 1950 г. – к 8 м, хотя возможны и вдвое большие величины.

Поскольку все крупные землетрясения в Индостане за последние два века оказались в поле зрения исследователей, сейсмологи Р. Билэму и П. Мольнару из Университета штата Колорадо в Боулдере (США) совместно с В.К. Гауром из Индийского института астрофизики в Бенгалуру (штат Карнатака) сумели оценить потенциал соскальзывания плит земной коры, который накопился здесь со времени последнего мощного землетрясения. Для этого они разделили Центральные Гималаи на 10 регионов, протяженность которых примерно соответствовала длине самых крупных гималайских разрывов, т.е. около 220 км. Каждый отрезок дуги уже содержит напряжение, необходимое для толчков высокой интенсивности.

Если бы только один из сегментов накопил потенциал, сравнимый с силой самого мощного внутриконтинентального землетрясения (1950 г.), повтор его в самом густонаселенном регионе Гималаев стал бы подлинной трагедией.

Население Индии с 1950 г. удвоилось. Численность городских жителей в долине Ганга после 1905 г., когда под развалинами домов погибло 19 500 человек, возросла в 10 раз. Сегодня в зоне риска находится около 50 млн. человек. Чтобы предотвратить жертвы в случае новых катастроф, нужно активнее осуществлять антисейсмическое строительство.

Science, 2001, 239, 1442

Ф.СП-1	АБОНЕМЕНТ																					
	70336 (индекс издания)																					
	на <u>газету</u> на <u>журнал</u>																					
	Земля и Вселенная																					
	(наименование издания)																					
	на ____ год по месяцам:																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12										
	Куда																					
	(почтовый индекс)						(адрес)															
Кому																						
(фамилия, инициалы)																						
	ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА																					
	70336 (индекс издания)																					
	на <u>газету</u> на <u>журнал</u>																					
	Земля и Вселенная																					
	(наименование издания)																					
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center; padding: 2px;">Стои- мость</td> <td style="width: 15%; text-align: center; padding: 2px;">подписки пере- адресовки</td> <td style="width: 20%; text-align: center; padding: 2px;">____ руб. ____ коп.</td> <td style="width: 20%; text-align: center; padding: 2px;">Количество комплектов</td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">____ руб. ____ коп.</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">Количество комплектов</td> <td></td> </tr> </table>												Стои- мость	подписки пере- адресовки	____ руб. ____ коп.	Количество комплектов				____ руб. ____ коп.	Количество комплектов	
	Стои- мость	подписки пере- адресовки	____ руб. ____ коп.	Количество комплектов																		
			____ руб. ____ коп.	Количество комплектов																		
	на ____ год по месяцам:																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12										
Куда																						
(почтовый индекс)						(адрес)																
Кому																						
(фамилия, инициалы)																						

Дорогие читатели!

Напоминаем, что подписаться на журнал “Земля и Вселенная” вы можете с любого номера по Объединенному каталогу зеленого цвета “Пресса России” (II полугодие 2002 г., с. 197) во всех отделениях связи. Подписной индекс – 70336.

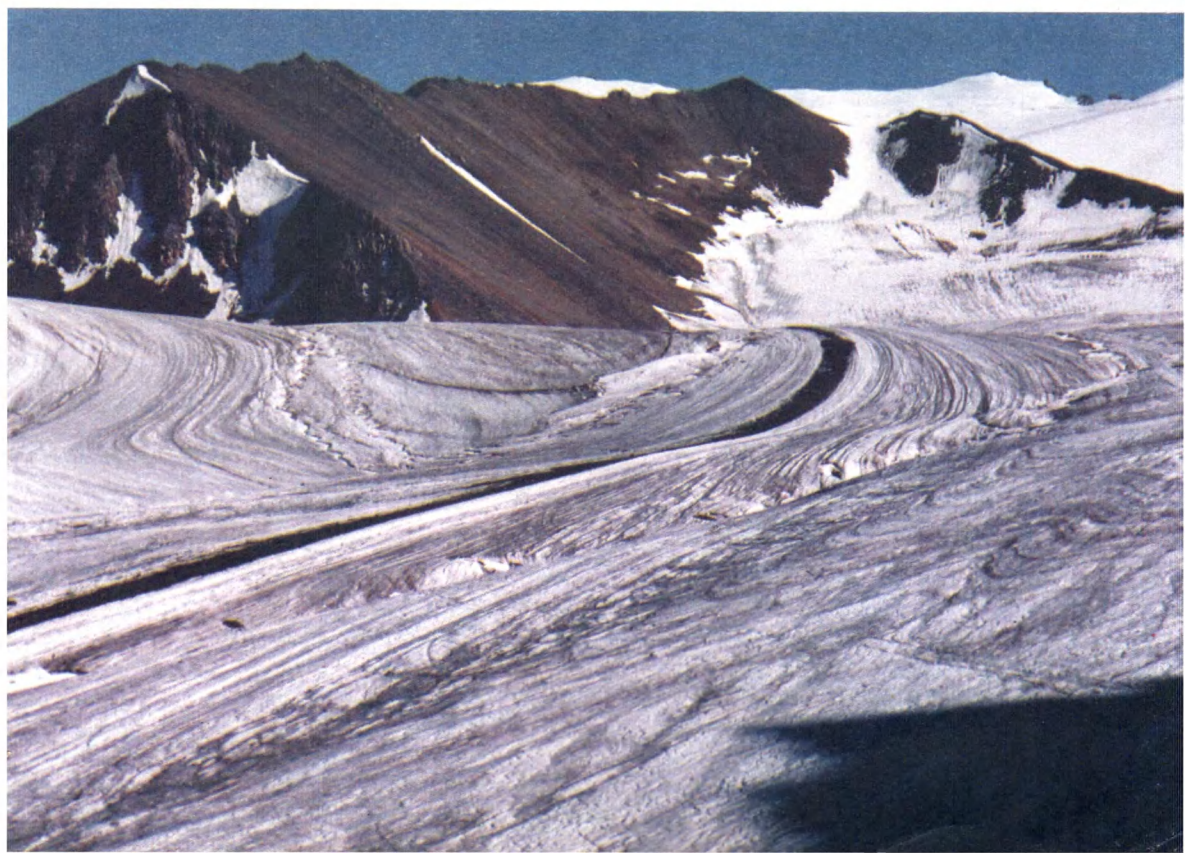
**Заведующая редакцией Г.В. Матросова. Зав. отделом астрономии В.А. Юревич.
Зав. отделом наук о Земле В.А. Маркин.
Зав. отделом космонавтики С.А. Герасютин.**

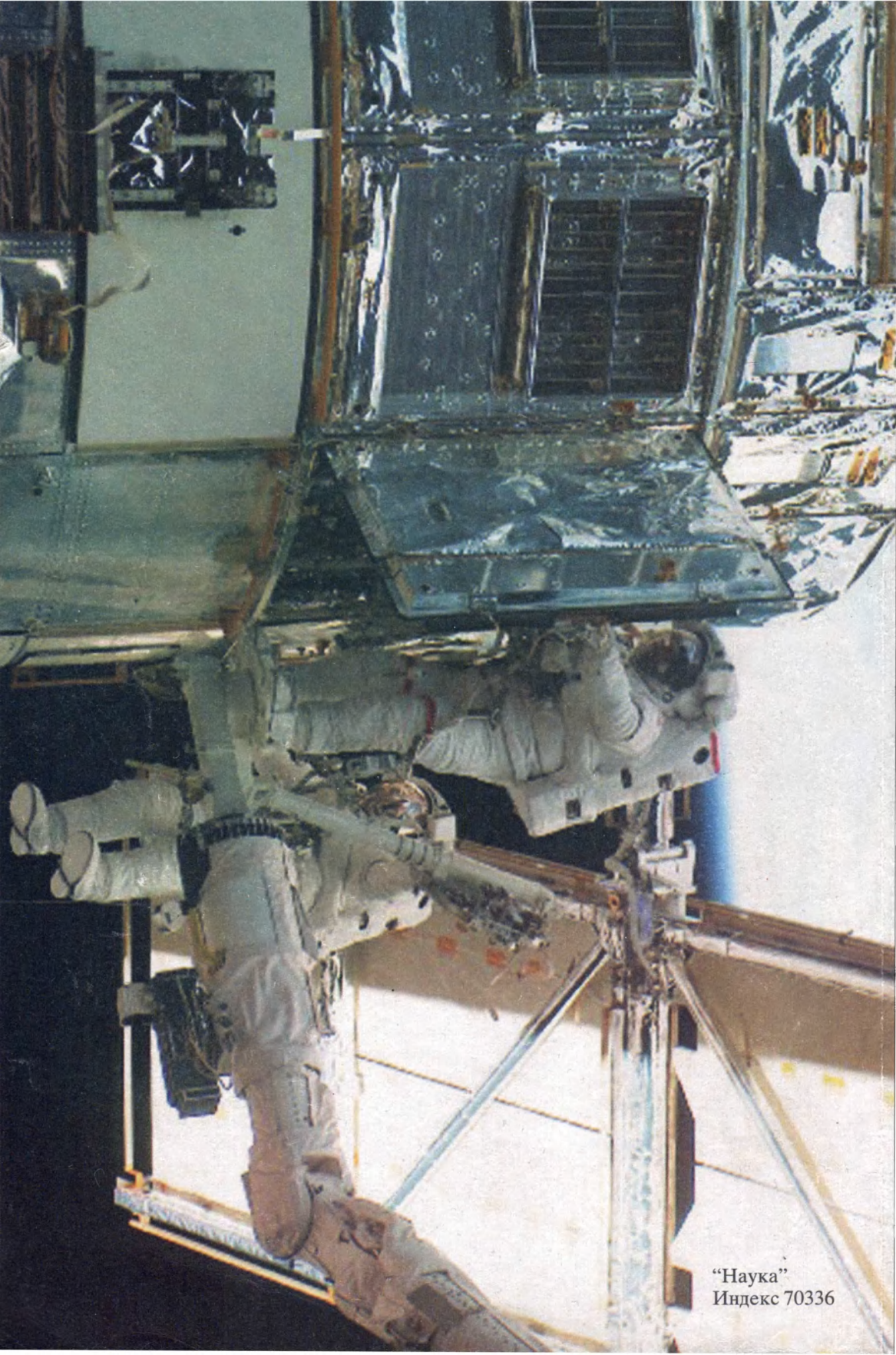
**Художественные редакторы О.Н. Никитина, М.С. Вьюшина
Литературный редактор О.Н. Фролова.
Мл. редактор Л.В. Рябцева.
Корректор Л.И. Левашова.
Обложку оформила О.Н. Никитина.**

Сдано в набор 06.05.2002 Подписано в печать 14.06.2002. Формат бумаги 70×100¹/₁₆
Офсетная печать Уч.-изд. л. 11.3 Усл.печ. л. 9.1 Усл.кр.-отт. 7.4 тыс. Бум. л. 3.5
Тираж 789 экз. Заказ № 6355

Свидетельство о регистрации № 2119 от 28.06.91
Учредители: Президиум РАН,
Астрономо-геодезическое общество (АГО) при РАН,
Академиздатцентр “Наука”

Адрес издателя: 117997 Москва, Профсоюзная ул., 90
Адрес редакции: 119991 Москва, Мароновский пер., 26
Телефоны: 238-42-32, 238-29-66
Отпечатано в ППП “Типография Наука”
121099 Москва, Шубинский пер., 6





“Наука”
Индекс 70336